

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

**Azcapotzalco**

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

**PASEO VIRTUAL POR EL RECINTO SAGRADO  
DE MÉXICO TENOCHTITLAN**  
**Las Tecnologías de la Información (TI) aplicadas a la  
difusión del Patrimonio Cultural Digital**

**Francisco Javier Tapia Fabián**

Trabajo terminal para optar por el  
**Diploma de Especialización en Diseño**  
Opción Nuevas Tecnologías

Miembros del Jurado:  
**Dr. Lorenzo Miguel Ángel Herrera Batista**  
*Profesor del Taller de Diseño III*

Dr. Jorge Sánchez de Antuñano  
Dra. María Dolores González Martínez  
Mtra. Susana Hazel Badillo Sánchez

México D.F.  
Agosto de 2008

El proyecto presenta una visión actual de las diferentes técnicas utilizadas para la difusión del patrimonio cultural, centrada fundamentalmente en los museos y en el diseño de sus aplicaciones en el campo de las Tecnologías de la Información (TI), principalmente de sus páginas de Internet. Se abordan conceptos relativos al citado patrimonio tales como la conservación, la preservación y la difusión del mismo, y se presentan los contenedores de dicho patrimonio en la forma de archivos, bibliotecas y museos. Por otro lado, se hace hincapié en la necesidad de pasar de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento, lo que conlleva una redefinición de los diseños museísticos, de forma que el visitante interactúe con las aplicaciones multimediales de los museos y acceda a comprender mejor sus contenidos. Por último, se presenta un estudio realizado sobre los sitios de Internet de los principales museos en México que cuentan con este medio y se establecen propuestas de mejora implementadas en el diseño de una interfaz de usuario para el caso de una aplicación multimedia con tecnología de Realidad Virtual (RV) para la elaboración de un paseo interactivo del Recinto Sagrado de México-Tenochtitlan.

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA</b>	7
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	10
3.1 VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	10
3.2 LA REALIDAD VIRTUAL	13
3.2.1 Definición	13
3.2.2 Nociones técnicas	15
3.2.3 Características básicas de la realidad virtual	16
3.2.4 Tipos de realidad virtual	17
3.2.5 Inducción electrónica de los sentidos	19
3.2.6 Los dispositivos de salida o sensoriales	22
3.2.7 Los dispositivos de entrada o motrices	24
3.3 BREVE HISTORIA TÉCNICA	25
3.3.1 El Simulador Sensorama	25
3.3.2 La investigación militar	27
3.3.3 La industria de la simulación virtual	29
3.4 La realidad virtual como herramienta de trabajo y medio de comunicación	32
3.4.1 Aplicaciones en ámbitos técnicos especializados	35
3.4.2 Aplicaciones en la vida cotidiana y simulaciones virtuales	36
<b>4. ESTADO DEL ARTE</b>	38
<b>5. ANTECEDENTES</b>	42
5.1 Contenedores del patrimonio cultural: archivos, bibliotecas y museos	42
5.2 Sociedad de la Información, Sociedad del Conocimiento y Tecnologías de la Información	44
5.3 Lenguajes: Hipermedia	45
5.4 Lenguajes: Realidad Virtual	46
5.5 Museos Virtuales: Tipos, Objetivos Generales y Específicos	50
5.6 Aplicación de las TI en los Museos de México (evaluación diagnóstica)	52
5.7 El Museo del Templo Mayor	59

5.8 El Recinto Sagrado de México-Tenochtilan	63
<b>6. METODOLOGÍA</b>	<b>79</b>
6.1 Objetivo General	79
6.2 Objetivos Específicos	79
6.3 Hipótesis	79
<b>7. PROPUESTA DE DISEÑO</b>	<b>80</b>
7.1 Metodología de Diseño	81
7.2 Evaluación	82
7.3 Diseños Finales	86
<b>8. CONCLUSIONES, RESULTADOS Y PROPUESTAS</b>	<b>88</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>91</b>

El presente proyecto tiene como finalidad el mostrar una gama de instrumentos digitales como método de visualización para la exhibición de elementos arqueológicos.

La creación del paseo virtual se aplica a un caso concreto -*el Recinto Sagrado de México-Tenochtitlan*- y en él se presentan técnicas de nuevas tecnologías aplicadas a la visualización de la información (TI), como son la Realidad Virtual (RV) y los Hipermedios.

El caso del Recinto Sagrado posee amplias necesidades de recreación virtual debido a que su ubicación y situación histórica impiden mostrar materialmente sus hallazgos arqueológicos y su aspecto urbano. Partiendo de esta premisa, la meta a alcanzar implica la creación de un paseo virtual interactivo conformado en exclusiva por reproducciones digitales tridimensionales para lo cual se contará con la colaboración de varias instancias del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Cabe señalar que el presente trabajo está basado en un documento anterior de mi autoría que sirvió para obtener el grado de Licenciatura en Diseño Gráfico (Tesis Colectiva).

El objetivo principal de este proyecto está basado en tres supuestos: En primer lugar, la Visualización de la Información juega un papel fundamental en nuestros procesos cognitivos. Por otra parte, la gran movilidad que nos otorgan las técnicas digitales de RV, nos permiten tener experiencias tridimensionales significativas en el proceso de asimilación de datos. Y por último, el factor de entretenimiento nos otorga una mejor forma de aprendizaje (aprender jugando o *Edutainment*).

Puesto que el principal objetivo de este trabajo es reflejar los conceptos relacionados con el patrimonio cultural y los medios por los cuales podemos tener acceso a ellos, incidiendo sobre todo en su difusión y comprensión, de forma que lleguen al mayor

número de usuarios posible y que, al mismo tiempo, no sólo les suministre más información sino que les permita, por la naturaleza de la presentación, alcanzar el conocimiento y hacer uso de él, se desarrolló un estudio cualitativo de mercado que permitió conocer las características principales de los soportes digitales (principalmente páginas de Internet) que utilizan los principales museos de la ciudad de México encargados de la conservación y resguardo del patrimonio arqueológico del país. Una vez analizados estos soportes, se aplicaron los resultados de dicho estudio al caso particular del Museo de Sitio del Templo Mayor con el objetivo de lograr un diseño de interfaz adecuado para el paseo virtual capaz de mejorar la eficiencia en la distribución de la información que el propio museo nos ofrece así como su difusión.

Este estudio ha reflejado el gran cambio e impulso que deben sufrir los soportes digitales que actualmente utilizan nuestros museos, pues en muchos casos, no presentan la suficiente coherencia en la información, ni tienen el diseño óptimo o no incorporan los nuevos lenguajes gráficos como la RV o la Hipermedia.

Por todo ello, se dan algunas propuestas de mejora para su optimización, obteniendo así un diseño de interfaz y navegación basado en los resultados obtenidos.

Más que un método para la creación de paseos virtuales, se busca lograr una reflexión que valore la enorme importancia que la visualización de la información tiene en la presentación de datos para lograr que estos sean significativos para el usuario.

Hablar de patrimonio cultural en el siglo XXI es algo íntimamente unido al concepto de difusión o transmisión de su contenido. Por ello, las TI se convierten en un elemento clave para tal fin y, como se indicará más adelante, la principal finalidad es que el empleo de las TI sirva para pasar de la “sociedad de la información” a la “sociedad del conocimiento”, pues en el mundo digital el medio no es (y no debe ser) el mensaje; un mensaje puede tener varias versiones que derivan de manera automática de la misma información (NEGROPONTE, 1995) y esto sólo se puede conseguir si se induce al usuario a interactuar con el sistema para obtener el máximo provecho. No basta con el acceso a la información, sino que esta debe ser transmitida y sobre todo asimilada para alcanzar el conocimiento, y no sólo eso sino que, además, la manera en *cómo* le hacemos llegar esa información al usuario cobra una relevancia trascendental.

De manera tradicional, gran parte de nuestro aprendizaje escolarizado se basa en soportes bidimensionales: textos, fotografías, ilustraciones, esquemas, videos, etc. Siendo que, por naturaleza, los seres humanos aprendemos a vivir y movernos en entornos y ambientes tridimensionales. Además, los jóvenes de hoy han nacido y crecido entre la cultura de la imagen y la simultaneidad. (GROS, 1998).

Por otro lado, las técnicas tradicionales de enseñanza requieren de la presencia de un guía que haga más fácil el proceso de asimilación de la información, dicho en otras palabras, se necesita de alguien que nos explique las cosas para poder entenderlas mejor. (BRICKEN, 1990).

Esto hace que, la mayoría de las veces, esta información llegue a nosotros de manera parcial y filtrada: en una fotografía sólo podemos ver una parte del entorno (información parcial), además de que, la imagen que se nos muestra, ya ha sido prefabricada por su autor (en este caso el fotógrafo) y vemos las cosas como él quiso que se vieran. Es

decir, la facultad de movilidad dentro del entorno queda obstaculizada y, por consiguiente, perdemos la capacidad de apreciar las cosas, no sólo desde la perspectiva personal, sino además desde todos los puntos de vista en los cuales podríamos apreciar dicha información.

En nuestro caso en particular, el Recinto Sagrado de México-Tenochtitlan, resulta ideal para ejemplificar esta situación. Por un lado, si nos remitimos a la zona arqueológica donde se encuentra, las propias condiciones del lugar no permiten sino un conocimiento parcial del entorno, puesto que sólo podemos tener acceso a aquellas zonas que ya han sido rescatadas (y en algunos casos restauradas parcialmente) por los trabajos de excavación. Por otra parte, los soportes tradicionales (textos, descripciones, ilustraciones) que son la otra alternativa de aprendizaje, poseen las limitantes descritas con anterioridad: parcialidad e inmovilidad.

Por otro lado, los modelos educativos convencionales sólo recurren a métodos tradicionales de enseñanza, y dejan pasar por alto factores alternos que potencialicen el proceso cognitivo. Factores como el entretenimiento y la diversión tan importantes para el aprendizaje en ciertas etapas de nuestra vida como la niñez.

Un inmejorable ejemplo de esta situación lo tenemos en los videojuegos y en el gran impacto y desarrollo que este medio ha tenido desde su surgimiento, no sólo en lo que a entretenimiento y diversión se refiere, sino incluso en áreas tan amplias como la educación y la obtención de nuevas habilidades.

Los juegos, además, no son un material desconocido ya que muchos de los posibles usuarios, han utilizado juegos de video desde pequeños. Forman parte de su realidad cotidiana y ocupan un lugar muy importante en su escala de intereses, por este motivo, la motivación está garantizada. (Gros, 1998).



Por lo anterior se propone la posibilidad de utilizar las técnicas de RV y multimedia usadas en los juegos de video para llevar el factor lúdico a un entorno de visualización de la información óptimo para potenciar el aprendizaje en el usuario además de lograr una mejora en los modelos educativos del museo mediante la incursión de factores olvidados como el entretenimiento y la movilidad.

Además de esto, la RV interactiva, genera una experiencia en el usuario capaz de lograr que, lo que el participante ve y escucha, posea un significado que no requiere de explicación. (Bricken, 1990).

Por otra parte, el desarrollar un paseo virtual utilizando soportes digitales, permitirá que el usuario no tenga que desplazarse al museo de sitio para tener acceso a la información, ya que, prácticamente desde cualquier lugar donde exista una computadora podrá acceder a dicha información, logrando así que una aplicación de este tipo pueda contribuir a la difusión del patrimonio cultural utilizando los medios digitales para lograr su objetivo.

### 3.1 Visualización de la información

Un dicho apócrifo reza que una imagen vale más que mil palabras. No menos cierto es que una palabra a veces vale más que mil imágenes. Sin embargo, a pesar de tamañas contradicciones no se puede negar que desde hace varias décadas hemos ingresado en la era de la visualización de la información. La infografía, la minería de imágenes, la señalética, el diseño de conceptos son algunas variantes de estas nuevas técnicas y metodologías que pretenden arrojar algo de sentido en un mundo plagado de ruido y desinformación.

En principio habrá que decir que muchas definiciones del término lo ligan al uso del ordenador y de la función visual. Creo que esto no es así, y que si bien estos dos conceptos pueden aportar valiosos recursos técnicos y sensoriales, no son exclusivos y existen muchos otros recursos de los cuales podemos echar mano para lograr resultados óptimos.

Para entenderlo mejor habría que comprender por un lado qué es visualización y por el otro qué es información. Seguiremos las definiciones del diccionario de la Real Academia de la Lengua Española para poder definir, en principio, estos dos conceptos: En la letra V encontramos Visualización: Formación de la imagen mental de un concepto abstracto. El Collins English Dictionary sustituye “concepto abstracto” por “algo incapaz de ser visto o no visible en ese momento”.

Así, pues, para visualizar no hace falta usar la visión, es más, al ser un fenómeno mental, la visión no interviene en ese momento, aunque sí lo haya hecho en la formación de los símbolos y elementos que acaban componiendo la imagen mental.

Una imagen es, en filosofía, la conciencia de un objeto ausente o inexistente y en psicología es la representación construida al margen de los correspondientes estímulos sensoriales (Diccionario Enciclopédico Salvat).

En definitiva, la imagen y por tanto la visualización, es una construcción mental que va más allá de la percepción sensorial y que como tal construcción mental se acerca al conocimiento, que es la aprehensión intelectual de las cosas. Comprender quiere decir rodear, incluir una cosa, interiorizarla.

¿Y que hay de la información? Para algunos diccionarios es el “conocimiento adquirido a través de la experiencia o el estudio” para otros es la “comunicación o adquisición de conocimientos”. La información consiste en la elaboración de los datos, las señales en bruto que se pueden recoger de los objetos o los fenómenos, para construir el conocimiento.

Así pues me he atrevido a definir la Visualización de la Información como el “Proceso de interiorización del conocimiento mediante la percepción de información” o, si se quiere mediante la elaboración de los datos.

Nótese que en todo este discurso no se ha hecho referencia para nada a la visión o a ningún otro canal perceptivo en particular. Por tanto, para la visualización de información vale cualquier sentido, no sólo la vista; aunque hay que reconocer que es el sentido con más “ancho de banda”, es decir el que es capaz de aportar más datos a la mente por unidad de tiempo.

Igualmente, la elaboración de datos en forma de información, aunque enormemente facilitada por el ordenador, no requiere para nada de éste. Los datos se han venido transformando en información durante toda la historia de la humanidad. Por ello el ordenador no figura tampoco en esta definición.

El proceso arranca en los datos, sigue con su elaboración en forma de información para constituir conocimiento y extraer de éste, finalmente la sabiduría. Así como los datos y la información se pueden traspasar, el conocimiento y, todavía más, la sabiduría requieren de la construcción de un cuerpo de experiencias y de una intuición que no son transferibles.

La visualización de información, en tanto que construcción de una imagen mental a partir de la información destilada de los datos y de la detección de patrones subyacentes a la información, incide plenamente en la formación del conocimiento. En este contexto tanto la arquitectura de información como el diseño de información se podrían considerar elementos fundamentales en el proceso de la visualización de información, orientadas a producir la imagen mental, la chispa que enciende el fuego del conocimiento. Y es precisamente esto el objetivo principal de esta tesis: lograr que los datos que el museo nos brinda, se conviertan en información significativa para el usuario y así este pueda, en base a experiencias sensoriales, apropiarse de un conocimiento.

Ahora que hemos clarificado este concepto, fundamental en este proyecto, podemos profundizar en los métodos de visualización que abordan la propuesta del presente trabajo: la Realidad Virtual Interactiva y los Hipermedios.

## **3.2 LA REALIDAD VIRTUAL**

### **3.2.1. Definición**

La realidad virtual (RV) suele ser descrita de modos diferentes lo que provoca confusiones, incluso en la literatura técnica. El público no especializado suele asociar a esta sofisticada tecnología de simulación digital con sus aspectos más superficiales y espectaculares, especialmente con los cascos de visualización estereoscópica y los guantes de datos. Esta visión deformada tiene su origen, en gran medida, en algunas películas de ciencia ficción (“The Lawnmower Man” de Brett Leonard -1992- es pionera en este sentido) y en reportajes periodísticos poco rigurosos. Reportajes que muchas veces se apoyan, curiosamente, en las manifestaciones mistificadoras de algunos de los investigadores y expertos de mayor renombre en este campo.

Las definiciones de la realidad virtual son numerosas, quizás tantas como el número de autores que se han acercado al tema. Si nos detuviéramos en algunas de ellas apreciaríamos que no siempre parecen estar hablándonos de lo mismo.

Desde la sencilla y parca definición de Aukstalkanis y Blatner (1993) quienes afirman simplemente que “la realidad virtual es una forma humana de visualizar, manipular e interactuar con ordenadores y datos complejos”, hasta las dudas terminológicas del francés Claude Cadoz (1994) que prefiere hablar de realidades virtuales o mejor aún de “representaciones integrales”, el recorrido nos muestra las dificultades que presenta sintetizar en pocas palabras una técnica que aún no ha terminado de configurarse. Esto ha dado paso a que en demasiadas ocasiones se considere realidad virtual a aplicaciones que sólo indirectamente están relacionadas con ella.

Podríamos decir que lo que define a un sistema de realidad virtual es, a título personal, su capacidad para estimular y engañar los sentidos a los que se dirige. Así, se puede considerar que un sistema de realidad virtual es:

*Una base de datos interactivos capaz de crear una simulación que implique a todos los sentidos, generada por un ordenador, explorable, visualizable y manipulable en “tiempo real” bajo la forma de imágenes y sonidos digitales, dando la sensación de presencia en el entorno informático.*

Cuantos más sean los sentidos implicados en el engaño mayor será la intensidad de la experiencia simulada. ¿O deberíamos decir vivida? No faltan autores que así parecen sugerirlo, cuando advierten que la simulación digital multisensorial puede reforzar el riesgo de pérdida de la noción de realidad, “dando un carácter pseudoconcreto y pseudopalpable a entidades imaginarias” (Quéau, 1995). O cuando definen a un sistema de realidad virtual como un mundo que, a pesar de no tener ninguna realidad física, es capaz de darle al usuario, a través de una estimulación adecuada de su sistema sensorial, la impresión perfecta de estar en interacción con un mundo físico (Coiffet, 1995).

Así, para Biocca y Levy (1995) el objetivo de una interfaz de realidad virtual es conseguir “la inmersión completa de los canales sensomotores humanos en una experiencia vital generada por ordenador”. Pimentel y Texeira (1995) por su parte señalan que la realidad virtual es un nuevo camino para explorar la realidad. Una extensión de los sentidos mediante la cual podemos aprender o hacer algo con la realidad que no podíamos hacer antes. Una técnica que permite también percibir ideas abstractas y procesos para los cuales no existen modelos físicos o representaciones previas.

Estar allí donde no estamos, hacer aquello que no hacemos, objetivo con ciertos tintes mágicos que nos obliga a preguntarnos acerca de la naturaleza de lo real. ¿Pero cuál es el camino que ha elegido la tecnología de la simulación digital multisensorial para llevarnos hacia la creación de estos mundos imaginarios capaces de superponerse al territorio físico que habitamos y que nos habita?

### 3.2.2 Nociones técnicas

Un sistema, para poder ser considerado de realidad virtual, debe ser capaz de generar digitalmente un entorno tridimensional en que el usuario se sienta presente y en el cual pueda interactuar intuitivamente y en “tiempo real” con los objetos que encuentre dentro de él. Los objetos virtuales deben ser tridimensionales, poseer propiedades propias, tales como fricción y gravedad y mantener una posición y orientación en el ambiente virtual independiente del punto de vista del usuario. El usuario debe tener libertad para moverse y actuar dentro del entorno sintético de un modo natural. De tal forma que la sensación de presencia será mayor cuanto más sean los canales sensoriales estimulados.

De todos los atributos mencionados, la sensación de presencia y la interactividad son los más importantes y los que distinguen a la realidad virtual de otros sistemas de simulación y de diseño asistido por ordenador (Wilson, 1996).

El realismo de un entorno virtual esta determinado por:

- **Resolución y fidelidad** de la imagen.
- **Reproducción de las propiedades** de los objetos y de los escenarios.
- **Reacciones de los objetos:** Deben reaccionar del mismo modo que lo haría el objeto real en el momento de sufrir cualquier tipo de manipulación.
- **Interactividad:** El usuario debe poder moverse y actuar en el entorno virtual de un modo intuitivo y en “tiempo real”.
- **“Feed-Back” o respuesta sensorial:** El usuario debe poder percibir tanto la firmeza o elasticidad del objeto virtual, como del resto de indicadores táctiles y propioceptivos. La escena virtual no debe ser silenciosa, debe incluir también sensaciones auditivas.

La sensación de presencia (o inmersión) se obtiene a través de la interactividad sensorial (visual, auditiva, táctil, muscular, etc.). Cuanto más sentidos estén implicados mayor será la sensación vívida que se consigue. Para que la experiencia sea verdaderamente realista el sistema debe ser capaz de crear una simulación sensorial completa o lo más próximo posible a ella.

El nivel actual de desarrollo de las tecnologías requeridas es todavía insuficiente para alcanzar resultados que satisfagan plenamente estas condiciones fundamentales. Los ordenadores no son lo suficientemente potentes para generar mundos virtuales análogos al mundo físico real. En las aplicaciones existentes en la actualidad el realismo de las imágenes es sacrificado en favor de la interactividad en “tiempo real”, ya que en última instancia la operatividad del sistema viene dada por su ductibilidad de manejo y no por el realismo sensorial de la experiencia. No obstante, estas limitaciones son irrelevantes a la hora de valorar la importancia y la utilidad que pueden llegar a tener estas tecnologías de simulación y comunicación digital en diversos campos de la actividad humana.

### **3.2.3 Características básicas de la realidad virtual**

Se pueden distinguir tres fases o estadios de la realidad virtual:

- **Pasivo:** Son entornos virtuales no interactivos en los cuales podemos ver y oír y quizás sentir lo que sucede. El entorno puede estar animado lo que da sensación de movimiento (tránsito forzado) pero no es posible controlar el movimiento. En sentido estricto se trata de una pseudo-realidad virtual. Corresponde a las llamadas películas dinámicas (o “ride films”).



- **Exploratorio:** Son sistemas que permiten desplazarse por un entorno virtual para explorarlo lo que supone un salto cualitativo en cuanto a funcionalidad. Es el estadio habitual de los paseos arquitectónicos y de las obras de arte virtuales.
- **Interactivo:** Un sistema virtual interactivo permite experimentar y explorar el entorno y, además, modificarlo. Un verdadero sistema de realidad virtual debe otorgar una libertad total de movimiento y manipulación al usuario.

A su vez dentro de un sistema de realidad virtual podemos distinguir diferentes niveles de interactividad. En un entorno inmaterial ideal el usuario puede interactuar con una, en apariencia, absoluta libertad (hemos de recordar que se trata siempre de una libertad restringida al marco de un programa informático).

También es importante tener en cuenta las características de las interfaces de comunicación entre el usuario y el sistema. Cuanto menos intrusivos y más intuitivos sean los medios utilizados, mayores serán las posibilidades de acción del usuario dentro del entorno virtual. Más adelante profundizaremos en el diseño de interfaz para este tipo de aplicaciones.

A su vez, Burdea y Coiffet (1996) subrayan que en un sistema de realidad virtual la imaginación es un requisito tan importante como la interactividad y la sensación de inmersión. De modo tal que la eficacia de una aplicación depende en gran medida de la imaginación del operador. En esto, precisamente se encuentra su mayor atractivo y su enorme potencial.

### 3.2.4 Tipos de realidad virtual

Cuando hablamos de realidades virtuales o inmateriales nos referimos a una amalgama de técnicas diferentes que poseen una serie de elementos y rasgos en común. No se

puede, por lo tanto, describir un modelo tipo de realidad virtual, pues estamos ante sistemas que adquieren diferentes formas, tienen características diferentes, utilizan equipos tecnológicos de distinta naturaleza y están diseñados para funciones distintas. Es muy habitual ver combinaciones de componentes y aplicaciones hechas a medida, cada una capaz de producir varios niveles de experiencia sensorial.

No obstante, podemos agrupar los diferentes sistemas existentes según sus principales características. Básicamente podemos distinguir entre tres tipos de realidad virtual:

- **Sistemas de sobremesa:** se trata de sistemas no inmersivos que presentan el entorno digital en la pantalla de un ordenador. El usuario puede interactuar y desplazarse por él. En ocasiones se utilizan gafas de visión estereoscópica, aunque no todas las aplicaciones lo requieren. Algunos videojuegos demuestran como puede conseguirse una sensación de inmersión psicológica aún cuando no exista inmersión sensorial completa. Son plataformas adecuadas para el diseño industrial y otras aplicaciones que requieran sistemas avanzados de visualización 3D.
- **Sistemas proyectivos:** Se trata de sistemas que intentan proporcionar la sensación de inmersión mediante la proyección de imágenes del mundo virtual en las paredes de un espacio cerrado (o cabina) dentro del cual se encuentra el usuario. La visión lateral se intenta resolver colocando varias pantallas de proyección que se actualizan simultáneamente. Para crear la sensación de presencia se utilizan gafas de visión estereoscópica, a las que se les puede acoplar sensores de posición y orientación. El usuario controla sus movimientos en el entorno inmaterial y en algunos casos puede también interactuar con los objetos que encuentra en él, mediante el uso de una interfaz adecuada. Este tipo de sistema se adapta bien a las aplicaciones multiusuario. El más significativo de los sistemas de este tipo es el CAVE (o caverna), creado en el Laboratorio de Visualización Electrónica de la Universidad de Illinois en Estados Unidos. Los

simuladores de vuelo y otros simuladores de manejo utilizan sistemas proyectivos basados en conceptos similares a estos. Los vehículos que se utilizan suelen incluir plataformas móviles para simular el movimiento físico. Existen sistemas menos complejos, que ofrecen imágenes tridimensionales no envolventes sobre una única pantalla. Muy utilizados en presentaciones de arte virtual, demostraciones comerciales y aplicaciones educativas, estas plataformas se sitúan a medio camino entre los sistemas proyectivos tipo CAVE y los equipos de sobremesa.

- **Sistemas inmersivos:** El objetivo es conseguir que el usuario tenga la sensación de encontrarse dentro del entorno generado por el ordenador. Para esto el equipo utilizado debe estar equipado de dispositivos capaces de engañar (o estimular) el mayor número de sentidos posibles. Es imprescindible el uso de un casco de visualización estereoscópica para aislar al usuario del entorno real. A pesar de que normalmente se relaciona a la realidad virtual con este sistema de visualización, la conveniencia de su uso es puesta en duda por un número creciente de investigadores. En tal sentido cada vez son más los fabricantes que prefieren fabricar cascos semi-inmersivos. Este tipo de casco permite superponer imágenes sintéticas con el entorno físico real. Este sistema, al que se conoce como realidad aumentada (RA), se puede considerar un híbrido entre la experiencia material y la simulación digital. El uso de la realidad aumentada ofrece perspectivas prometedoras para aplicaciones médicas y para todas aquellas actividades que requieran simultáneamente la manipulación de dispositivos complejos y el acceso a datos e informaciones complementarias.

### 3.2.5 Inducción electrónica de los sentidos

Despojada de sus componentes proféticos y míticos, la realidad virtual puede entenderse como un intento por crear dispositivos de comunicación con el ordenador (interfaz) más simples y eficaces.

Un sistema informático de realidad virtual responde a un esquema básico cuyos cuatro ejes son:

- **El usuario**
- **El equipo de control** (ordenador)
- **Dispositivos (o interfaces)** de entrada y salida de datos.
- **El entorno inmaterial -o virtual-** (programa informático).

Gracias a diferentes dispositivos (o interfaces) de entrada y de salida de datos el equipo de control sirve de puente en “tiempo real” (de manera instantánea) entre el usuario y el entorno virtual. Un espacio inmaterial detrás del cual, no hay que olvidarlo, existe siempre un diseñador (el creador del programa). El equipo de control actualiza la escena simulada de acuerdo a las instrucciones (generadas por las acciones y los movimientos del usuario) introducidas a través de los dispositivos de entrada, mientras las interfaces de salida sirven para enviar continua e instantáneamente diferentes tipos de estímulos (o informaciones) hacia el aparato sensorial del operador. Se establece, de este modo, una relación dinámica entre el ser humano y la máquina, en la cual el usuario ejerce, o cree ejercer, el control.

Si nos atenemos a este esquema, poco parece diferenciarse el funcionamiento básico de un sistema de realidad virtual de cualquier otro tipo de sistema informático. Salvo un detalle: el papel central que juega el aparato sensorial humano, lo cual obliga a diseñar dispositivos de entrada y salida adecuados para cada uno de los canales sensoriales y motrices implicados. A pesar de que en muchas ocasiones se trata de dispositivos bidireccionales, se puede establecer una división entre interfaces de salida -o *sensoriales*- e interfaces de entrada - *motrices* o *gestuales*-.

No debemos olvidar que, detrás de todo mundo virtual digital, hay siempre un programa informático encargado de modelar adecuadamente el espacio sensorial simulado, y un ordenador capaz de restituir la información sin que el usuario perciba ningún retraso en

las respuestas del sistema. En tal sentido, la simplicidad de comunicación con la máquina es fundamental para el desarrollo de la tecnología de las realidades inmateriales, pues periféricos poco confortables pueden quebrar toda la magia del sistema, al recordar permanentemente que estamos conectados a un ordenador.

Es por ello que en la construcción de los modelos virtuales se deben considerar básicamente tres cuestiones fundamentales:

- **Representatividad:** todos los objetos de la escena que se desea construir deben respetar cierto número de propiedades (físicas, geométricas, cinemáticas y dinámicas) imprescindibles para su utilización.
- **Dispositivos de entrada o *motrices*:** el modelo debe tener en cuenta la acción que se ejercerá sobre sus parámetros e incluso en ocasiones sobre algunos de sus estructuras mediante el uso de los dispositivos de entrada.
- **Dispositivos de salida o *sensoriales*:** el modelo debe ser capaz de estimular convenientemente los dispositivos de salida.

El funcionamiento de un ordenador para realidad virtual debe contemplar mecanismos de entrada capaces de leer las órdenes del usuario y de hacer las mediciones del espacio físico necesarias para actualizar la escena. Tiene que localizar constantemente la posición del operador y determinar las acciones de cada uno de los objetos del mundo virtual según las instrucciones del usuario, las características materiales y funcionales de los propios objetos y el estado del sistema en cada instante. Con esta información el ordenador modifica la situación de la escena generando los correspondientes gráficos, sonidos y respuestas táctiles y propioceptivas. De acuerdo al nuevo estado del mundo virtual, controla los dispositivos de realimentación táctil, de visualización y de generación de sonido y los elementos electromecánicos que incorpore el sistema. Todo el proceso debe realizarlo a una velocidad tal que el usuario

sea incapaz de percibir ningún tipo de retraso entre sus movimientos y gestos y la actualización de la escena virtual.

Las prestaciones de las máquinas y dispositivos existentes están muy lejos de lo que la percepción y el sistema cognoscitivo humano exigen para considerar que algo forma parte de la realidad física. Pero los límites no son sólo tecnológicos, pues no todo es capacidad de cálculo. Así, como señalan Pimentel y Texeira (1995), la construcción de mundos virtuales requiere la comprensión de las reglas y el comportamiento de la mente.

### **3.2.6 Los dispositivos de salida o *sensoriales***

Los dispositivos *sensoriales* utilizados en la simulación digital son instrumentos capaces de transmitir a los sentidos del usuario, de un modo instantáneo, la situación general en la que se encuentra la escena generada por el sistema informático. Información que para ser eficaz debe llegar a los órganos sensoriales a los que está dirigida. Es lo que Coiffet (1995) denomina distribución primaria de los tipos de información (ver tabla 1).

El sentido vestibular, relacionado directamente con el oído interior, es complementario de los sentidos de la vista y del tacto. De hecho, en muchas de nuestras sensaciones se establece una correspondencia entre dos o más sentidos. Así, por ejemplo, en un entorno sintético tridimensional la impresión de desplazamiento físico se obtiene a través de dos tipos diferentes de estímulos sensoriales: el visual y la sensación de correlación muscular entre los movimientos del cuerpo y la modificación aparente en el espacio artificial.

**Tabla 1**

SENTIDO	PERCEPCIÓN	INTERFACES
vista (provee 80% información)	luz	pantallas, sistemas de proyección y ópticas generadoras de imagen 3D, cascos de visualización 3D, gafas de obturación rápida
oído	onda sonora	tarjeta de sonido, audio 3D, altavoces, auriculares
tacto*	percepción táctil y <i>propioceptiva</i> (autopercepción)	dispositivos táctiles (guantes y trajes), sistemas de retorno de fuerzas
olfato	química del aire	sistemas odoríferos (experimentales - poco desarrollados -)
gusto	química solución	no hay investigación en este campo
vestibular	equilibrio	plataformas móviles, alfombras continuas, sistemas de rastreo de posición/orientación

Levis, 1997

\* El tacto es el sentido que utiliza un mayor número de receptores nerviosos. Estímulos diferentes como el frío, el calor, la presión, la suavidad, la tersura estimulan estos receptores que transmiten la información al cerebro. Esta complejidad representa un obstáculo para conseguir simular fielmente sensaciones táctiles.

El principal fin de los dispositivos sensoriales es permitir que el usuario controle sus acciones en la escena virtual. Dado que ciertos sentidos permiten controlar la calidad de la información destinada a otro sentido, es posible aprovechar esta cualidad para generar o mejorar las interfaces de salida de un sistema de realidad virtual. Función que habitualmente recae en los sistemas de visualización, en muchos casos la única interfaz de salida disponible.

### **3.2.7 Los dispositivos de entrada o *motrices***

Para completar la sensación de presencia es importante también que los dispositivos de entrada sean capaces de interpretar fielmente los gestos y las acciones del usuario de modo que el entorno virtual cambie instantáneamente de acuerdo a su deseo y voluntad, tal como lo haría en el caso de tratarse de un ambiente físico real. Deseo y voluntad que están sujetos a dos condicionantes básicos: las aplicaciones para las cuales el sistema está construido y los límites que determinan las técnicas disponibles para llevarlas a cabo.

La verosimilitud del mundo creado por el ordenador dependerá entonces, en gran medida, de que la interfaz permita al usuario desarrollar las actividades para las que está diseñada de la manera más parecida posible a como lo haría en un entorno físico real. A pesar de que existen algunas aplicaciones que se aproximan a este objetivo, Lajirani (1994) señala que en el mejor de los casos llevará muchos años desarrollar sistemas de aplicación general que permitan una interactividad espontánea.

Burdea y Coiffet (1996) remarcan que de hecho en el desarrollo de aplicaciones se establece un orden de preferencia. Primero se crean estímulos dirigidos a la vista, después al oído y por último a las sensaciones táctiles y de esfuerzo. De tal modo que si la aplicación está dirigida a actividades en las cuales no es necesario reproducir estrictamente el mundo físico no es imprescindible que las restituciones visual y sonora sean rigurosamente naturales. Diferente es el caso de la simulación de sensaciones táctiles y de esfuerzo. Al estar implicados receptores nerviosos repartidos por todo el cuerpo el engaño es mucho más complejo, pues requiere que la restitución sensorial sea lo más fiel posible al estímulo buscado.



### 3.3 BREVE HISTORIA TÉCNICA

#### 3.3.1 El Simulador Sensorama

En contra de lo que pudiera creerse, el primer aparato moderno que buscaba crear experiencias sensoriales artificiales realistas no fue creado por un técnico en informática. Siguiendo una línea de investigación alejada completamente de la informática, en 1962, un inventor norteamericano, Morton Heilig, antiguo operador cinematográfico, patentó un aparato de simulación realista al que llamó *Simulador Sensorama*, el primer sistema de entretenimiento completamente inmersivo.

Exteriormente el *Sensorama* tenía un aspecto que recordaba al de juegos de conducción pre-informáticos que precedieron a los videojuegos en los salones recreativos. El prototipo del aparato de Heilig estaba preparado para simular un viaje en motocicleta a través de las calles de Nueva York. Utilizaba imágenes cinematográficas en tres dimensiones que el usuario recibía a través de un visor televisivo estereoscópico individual que el propio Heilig había patentado en 1960. Para conseguir un efecto sensorial realista el *Simulador Sensorama* poseía además dispositivos de estímulo de los sentidos del oído, del tacto y del olfato. El asiento vibraba y el usuario sentía el contacto del viento en su cara gracias a la ayuda de pequeños ventiladores colocados cerca de su cabeza. Todas estas características convirtieron al *Sensorama* en un curioso precursor pre-informático de la *realidad virtual*. Sin embargo, hay que remarcar que el sistema, aunque inmersivo, no permitía ningún tipo de interactividad, aunque tampoco se lo proponía.

Como tantos otros inventos, el *Sensorama* nunca consiguió traspasar las fronteras del laboratorio. Nadie, en su momento, pareció comprender el indudable progreso tecnológico que representaba.

### 3.3.2 La investigación militar

Las técnicas de simulación digital que convergen hacia lo que hoy se conoce como *realidad virtual* se desarrollaron a partir de mediados de los años sesenta, a través de diversas investigaciones en el campo de la informática y otras tecnologías derivadas relacionadas de esta, como la inteligencia artificial, la generación de gráficos por ordenador, la robótica y la telemática.

Aunque no puede hablarse de un punto de partida concreto, suele atribuirse el papel de pionero al investigador norteamericano Ivan Sutherland. Sutherland, figura emblemática en la historia de la infografía, publicó en 1965 un artículo titulado *El Dispositivo Definitivo (The Ultimate Display)*, en el que atribuía a un nuevo tipo de aparato periférico la capacidad de convertir al ordenador, mediante una programación adecuada, en el “País de las Maravillas que recorrió Alicia”. Su meta queda claramente expresada en este corto párrafo extraído del citado artículo:

*“La pantalla es una ventana a través de la cual cada uno ve un mundo virtual. El desafío es hacer que ese mundo se vea real, actúe de un modo real, suene de un modo real, se perciba como real.”* (Sutherland, 1965).

Tres años después, Sutherland concluyó la construcción de un casco de visualización de imágenes estereoscópicas generadas por ordenador, dentro del marco de un programa de investigación financiado por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (Advanced Research Project Agency, ARPA) del Departamento de Defensa del Gobierno estadounidense y la Oficina de Investigación Naval de la Marina norteamericana.

A partir de 1966 Sutherland y su equipo habían comenzado a experimentar con cascos de visualización de distinto tipo. En el dispositivo óptico propuesto en 1968 las imágenes en tres dimensiones (3D) eran emitidas a través de dos tubos de rayos

catódicos (*CRT-Cathode Ray Tubes*) monocromáticos, uno por ojo. El casco de Sutherland, conocido como *Espada de Damocles* (*Sword of Damocles*), permitía ver las imágenes tridimensionales generadas por el ordenador superpuestas ópticamente, a través de un prisma, al entorno real que rodeaba al usuario. El sistema estaba montado sobre un brazo mecánico suspendido del techo que también servía para detectar, mediante el uso de sensores, la posición y la orientación de la cabeza del usuario. De este modo, cuando el usuario se movía, los objetos creados por el ordenador daban la impresión de encontrarse en una posición estable dentro del entorno real y podían ser manipulados por medio de diferentes dispositivos de entrada.

Treinta años después, una gran parte de los cascos de visualización utilizados en los sistemas de simulación virtual siguen basándose en una configuración técnica similar, con tubos de rayos catódicos miniaturizados o pequeñas pantallas de cristal líquido (*LCD- Liquid Crystal Display*) de color en lugar de los pesados monitores monocromáticos originales.<sup>1</sup>

Los militares estadounidenses se mostraron especialmente interesados en la aplicación de este tipo de tecnologías en el desarrollo de simuladores de vuelo basados en sistemas informáticos que pudieran reemplazar a los costosos simuladores de origen analógico que se utilizaban en el entrenamiento de los pilotos de aviones de combate. Además, la creciente complejidad de los controles de los aviones hacía necesario encontrar un modo práctico que facilitara el tratamiento del gran volumen de información que deben manejar los pilotos durante el vuelo. Los cascos de visualización ofrecían la posibilidad de suministrar simultáneamente los datos e instrucciones, incluidas imágenes, requeridas para llevar a cabo una misión.

A partir de la segunda mitad de la década de 1960 se pusieron en marcha diversos programas de investigación en el campo de la simulación digital destinados al desarrollo

---

<sup>1</sup> En realidad, el primer antecedente de los actuales sistemas de visualización tridimensional es el estereoscopio creado a mediados del siglo XIX por el físico británico Charles Wheatstone (1802-1875), uno de los pioneros de la telegrafía eléctrica.

de simuladores de vuelo, sistemas de visualización de datos y a otras aplicaciones de carácter militar, además de otros proyectos enfocados hacia la industria aeroespacial, que fueron asentando las bases de lo que hoy se conoce como realidad virtual.

Hacia finales de los setenta y principios de los ochenta estas investigaciones empezaron a dar sus primeros frutos. Sin embargo, el carácter estratégico de estos proyectos hizo que la mayor parte se mantuvieran en secreto hasta finales de los ochenta.<sup>2</sup>

Los simuladores de vuelo y otros simuladores basados en las mismas tecnologías (simuladores de conducción de tanques, simuladores de navegación submarina, etc.) han alcanzado en los últimos años un nivel alto de perfeccionamiento. Su uso se ha extendido al campo civil, especialmente para la formación de los pilotos de las líneas aéreas comerciales<sup>3</sup>.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos también participa desde la década de 1970 en programas avanzados de simulación digital multisensorial para aplicaciones

<sup>2</sup> Entre los proyectos militares más destacados de esta época podemos citar:

1.- El programa *Super Cockpit* de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF), desarrollado en el laboratorio Armstrong de investigación en medicina aeroespacial (Director del proyecto: Tom Furness). Se trata de un dispositivo que provee estímulos visuales, táctiles y auditivos dentro de la cabina de un avión de caza, superponiendo al entorno real del piloto informaciones complementarias para el control del aparato y de sus sistemas balísticos, además de advertir de las amenazas y señalar los objetivos militares. Sus primeras versiones fueron operativas a partir de comienzos de la década de los ochenta. En el marco de este programa se creó en 1981 un prototipo de visiocasco portátil (*VCASS-Visually Coupled Airborne Systems Simulator*) que proporcionaba gráficos superpuestos sobre imágenes reales. Utilizaba tubos de rayos catódicos de alta resolución y estaba equipado de un sistema de localización con seis grados de libertad para medir la posición y la orientación de la cabeza del usuario. Era grande y pesado.

2- *VIVED (Virtual Visual Environment Display- Dispositivo visual para entornos virtuales)* Casco estereoscópico desarrollado por el Ames Research Center de la NASA en California. Estaba destinado a la preparación de astronautas para misiones espaciales. Se construyó a partir de elementos disponibles comercialmente. Utilizaba dos pantallas de cristal líquido (LCD) monocromáticas sacadas de televisores de bolsillo, a los que se les había añadido lentes gran angulares. Estaba dotado de un sensor de posición (1984).

3- Sistema *VIEW (Virtual Interface Environment Workstation-Estación de trabajo de entorno virtual)* del Centro de Investigación Ames de la NASA. Director del programa, Scott Ficher, antiguo investigador de la empresa de videojuegos ATARI. "Se trata de un nuevo tipo de representación y control de ambiente basado en medios, que se corresponde fielmente con las capacidades cognoscitivas y sensoriales de los seres humanos. El sistema VIEW proporciona un entorno virtual de imágenes estereoscópicas y auditivas sensibles a las entradas de gestos, voz y posición del operador" (FISHER 1990). Operativo en 1988, finalmente terminó por ser desechado (RHEINGOLD 1994).

<sup>3</sup> Los simuladores de vuelo representan un ahorro económico importante y disminuyen los riesgos de accidentes durante el período de formación. Ofrecen la posibilidad de que los pilotos de aviación se entrenen en todo tipo de condiciones atmosféricas y ambientales, permitiéndoles enfrentarse a situaciones de emergencia imposibles de reproducir sobre un avión real sin un grave riesgo de accidente. De este modo, el uso de simuladores han contribuido a incrementar la seguridad en la navegación aérea.

de carácter no estrictamente militar, en especial en proyectos destinados al desarrollo de la medicina virtual (simuladores quirúrgicos y telemedicina) y el diseño industrial.

### **3.3.3 La industria de la simulación virtual**

A pesar de que el origen de la simulación digital es la investigación con fines militares, desde muy temprano las tecnologías que convergen en lo que hoy conocemos como realidad virtual también despertaron el interés en el campo de la investigación civil.

En el año de 1967, en la Universidad de Carolina del Norte en Chapell Hill, uno de los principales centros de investigación en las tecnologías de simulación informática, se inició el desarrollo de un sistema de visualización tridimensional del modelo de un estructura molecular sintética que contemplaba por primera vez la inclusión de dispositivos para crear sensaciones táctiles y cinéticas combinadas con el estímulo visual. Como resultado de estos trabajos, en 1972 se consiguió poner en marcha el primer dispositivo verdadero de retorno de fuerza asociado a un ordenador. Se trataba de un brazo de telemanipulación como los utilizados para manipular sustancias radioactivas detrás de blindajes de plomo. El proyecto, denominado GROPE, estaba financiado por el Centro Nacional de Recursos de Investigación del Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos.

A partir de los años ochenta el desarrollo de aceleradores gráficos cada vez más rápidos abre nuevas perspectivas para la creación de imágenes sintéticas cada vez más realistas. Por entonces la televisión empieza a utilizar la digitalización de imágenes para realizar efectos especiales. En esta misma época los avances en las prestaciones de los sistemas informáticos y en la industria electrónica, y el progresivo descenso de los costes, impulsan la experimentación de nuevos dispositivos destinados a la simulación digital multisensorial. En este contexto tecnológico, a comienzos de los años ochenta, investigadores y científicos que se movían en ambientes contraculturales y

artísticos, empezaron a interesarse en estas técnicas, que hasta entonces habían permanecido dentro del restringido ámbito de la investigación militar y académica. Este interés, que se materializó en la creación de pequeñas empresas dedicadas a la creación de periféricos y aplicaciones destinadas al desarrollo de realidades inmateriales, dió lugar al surgimiento de un extraño fenómeno de encuentro de intereses entre la industria militar y sectores que se proclamaban pacifistas. Fenómeno similar al que hoy reúne alrededor de las redes telemáticas a grupos y personas con posiciones contestatarias con las grandes compañías de telecomunicaciones y de informática. Paradoja cuyo origen es posible rastrear en las posturas teóricas que acompañaron a la informática desde su nacimiento<sup>4</sup>.

Una de las características más remarcables de este período es que la investigación científica, aunque fundada sobre intereses comerciales, no buscaba resultados inmediatos. Circunstancia que otorgaba a los investigadores un gran margen de libertad.

En 1977, tres estudiantes de la Universidad de Illinois, Chicago, inventaron el primer guante sensitivo (un guante electrónico que permitía comunicarse con el ordenador de un modo intuitivo mediante los movimientos de la mano).<sup>5</sup> La búsqueda del dispositivo definitivo, “un blanco móvil” según la acertada definición de algunos autores, empezaba a no ser un tema exclusivo de la investigación militar y aeroespacial.

En 1985, dos antiguos investigadores de Atari (principal fabricante de videojuegos hasta su desplome en 1984), Jaron Lanier y Thomas Ziermann, fundaron *VPL Research Inc*, primera empresa dedicada al desarrollo, fabricación y comercialización de interfaces y programas destinados a las nuevas técnicas de simulación, a las que todavía no se

---

<sup>4</sup> Para esta cuestión consultar la obra de P. Breton (1987) *Histoire de la informatique*. La Découverte, París, (trad.cast.: *Historia y crítica de la informática*. Ediciones Cátedra, Madrid, 1989, 250 págs.)

<sup>5</sup> En 1981, el Laboratorio Bell patentó una interfaz basada en un guante con conmutadores en cada dedo, concebido por un investigador llamado G.G.Rimes, que no tuvo ninguna continuidad.

conocía como realidad virtual. Para ello Zimmermann cedió la patente del *DataGlove*, un electroguante de entrada de datos dotado de un sistema de localización electromagnético, para que el ordenador pudiera seguir la orientación y posición de la mano del usuario. Poco después *VPL Research* añadió a su oferta el *EyePhone*, un casco de visualización estereoscópica con pantallas de cristal líquido y en 1988 inició la comercialización de un sistema completo para la creación de entornos sintéticos inmersivos, el *RB2 (Reality Built for Two -Realidad Construida para Dos-)*. Por último en 1989 presentó un traje de datos, el *DataSuit*, un dispositivo para todo el cuerpo basado en los mismos principios que el *DataGlove*.

Así las cosas, por primera vez era posible imaginar y desarrollar aplicaciones basadas en las técnicas de simulación digital multisensorial fuera de los grandes laboratorios de las universidades y de las instituciones militares. En poco tiempo, la mayor parte de los laboratorios que trabajaban en proyectos relacionados con la simulación digital adoptaron material fabricado por la empresa de Lanier y Zimmermann.<sup>6</sup>

La imagen extravagante de Jaron Lanier y sus provocativas declaraciones, contribuyeron a crear una gran expectativa alrededor de los avances en las técnicas de simulación digital. Fue el propio Lanier quien propuso, en 1987, el sugerente, aunque contradictorio nombre de *realidad virtual* para referirse a los sistemas inmersivos de simulación. Denominación que a partir de 1989, adoptada por los medios de difusión, alcanzó una rápida popularidad. Sin embargo, y a pesar de la imagen contestataria de Lanier y del contenido visionario y pretendidamente contracultural de sus ideas, es preciso remarcar que *VPL Research*s mantuvo, a partir de 1987, una estrecha colaboración con el centro de investigación AMES de la NASA. Relación propiciada, posiblemente, por el hecho de que Scott Fisher, antiguo compañero de Lanier y Zimmermann en Atari, fuera el director del programa *VIEW (Virtual Interface*

---

<sup>6</sup> No obstante, no se trataba de equipos al alcance de cualquier investigador. En 1990, el precio del sistema RB2 era de 225 mil dólares para un usuario y de 430 mil para dos usuarios, a lo que debía añadirse el precio de las estaciones de trabajo gráficas de Silicon Graphics (entre 75 mil y 250 mil dólares cada una). El *EyePhone* alcanzaba los 9.400 dólares (sin sensor de localización), el *DataGlove* 6.300 dólares, el sensor de localización Polhemus para el casco *EyePhone* 2.500 dólares y el paquete de software 7.200 dólares.

*Environment Workstation* - Estación de trabajo de interfaz para entorno virtual) del citado organismo.

Tras el final de la Guerra Fría, la reducción de los presupuestos de defensa de los Estados Unidos colocó en una situación financiera delicada a muchas empresas que trabajaban para la industria bélica al mismo tiempo que provocó una liberación de tecnología militar (y de científicos) hacia el sector civil. Coincidiendo con esto, hacia finales de la década de 1980 y a principios de los noventa se produjo una dinamización de la actividad en el campo de las tecnologías de simulación de origen informático. Los proyectos de investigación se multiplicaron y el número de empresas dedicadas a la realidad virtual y a otras tecnologías relacionadas, se incrementó notablemente.

En este contexto, muchas compañías provenientes de la industria bélica dirigieron su atención hacia el mercado de los juegos informáticos. Después de todo parecía más fácil encontrar miles de adolescentes dispuestos a comprar sofisticados juegos de simulación que científicos que necesitaran estas nuevas herramientas en sus proyectos de investigación. Por otro lado la industria militar siempre había mantenido una relación cercana con el sector de los videojuegos. De este modo, el entretenimiento se convirtió en la primera vía de acceso a la realidad virtual del público no especializado.

El resto de productos basados en estas tecnologías digitales todavía apenas han llegado al mercado de consumo masivo y se enmarcan en aplicaciones muy específicas, especialmente en el campo de la simulación científica, la medicina, la telepresencia, el arte y la cultura.

### **3.4 La realidad virtual como herramienta de trabajo y medio de comunicación**

La tecnología que hace posible la creación de realidades inmateriales se encuentra todavía, tal como hemos visto, en sus primeras fases de desarrollo. No obstante, son



cada vez más numerosos los equipos y las aplicaciones que comienzan a abandonar el ámbito restringido de los laboratorios de investigación.

Lo cierto es que hasta 1990 no existía prácticamente ninguna aplicación comercial. A finales de 1992 el precio de un equipo para realidad virtual rondaba todavía los 300 mil dólares, lo que representaba un obstáculo importante para la expansión del uso de estas técnicas. El paulatino, pero constante, descenso de los costes facilitó, a partir de 1993, la aparición en el mercado de interfaces y programas destinados al desarrollo de aplicaciones basadas en conceptos y técnicas asimilables a la realidad virtual.

A pesar de sus límites, el nivel actual de desarrollo tecnológico es suficiente para crear aplicaciones adecuadas para solucionar de una manera eficaz un cierto número de problemas en diversos campos de la actividad humana. Así, aunque el factor más importante de la popularización y crecimiento del mercado de la realidad virtual es el entretenimiento –en especial videojuegos y atracciones para salones recreativos y parques temáticos-, durante estos últimos años muchos avances técnicos en el campo de la realidad virtual se han centrado en el diseño de sistemas destinados a usos concretos. Aplicaciones que pueden significar un importante ahorro de tiempo y dinero y un aumento de la eficacia del trabajo, lo cual permite que las inversiones efectuadas sean rentabilizadas con mayor facilidad y rapidez.

Los simulacros virtuales son potencialmente una poderosa herramienta científica, una novedosa forma de diversión, un extraordinario vehículo de formación y de comunicación y un estimulante medio de expresión artística. Desde la investigación científica a los museos virtuales, incluyendo, entre otros, la medicina, la arquitectura, el diseño industrial, las telecomunicaciones, la ingeniería o la publicidad, cada vez son más los sectores en los cuales paulatinamente se empiezan a utilizar técnicas próximas a la realidad virtual.

Algunas de estas aplicaciones se encuentran aún en fase experimental, mientras que en otros casos se trata de sistemas que empiezan a ser utilizados regularmente en las tareas para las que fueron concebidos. En ocasiones se trata de proyectos realizados dentro de un programa de investigación científica y otras veces se trata de experiencias nacidas con una vocación exclusivamente comercial. Algunos requieren el uso de cascos inmersivos y otros utilizan sistemas proyectivos o equipos de escritorio. Hay aplicaciones que se acercan a un verdadero sistema de realidad virtual y otras que sólo hacen un uso instrumental de ciertos aspectos relacionados con estas técnicas de simulación integral.

Entre los cientos de programas de investigación actualmente en marcha y los sistemas y aplicaciones, más o menos operativos, existentes, podemos distinguir entre los destinados a ámbitos técnicos especializados, cuya utilización requiere una preparación previa y que por su naturaleza se dirigen a un abanico restringido de usuarios y los consagrados a su uso en la vida cotidiana de sectores amplios de la sociedad.

La pertenencia a una u otra de estas dos categorías básicas determina los requerimientos mínimos de precisión y fiabilidad exigible al sistema. Así, por ejemplo, los errores en la modelización de un entorno digital en un ámbito técnico especializado implican riesgos inaceptables. En cambio, en aplicaciones de otro tipo, el margen de tolerancia es mucho mayor. Sin embargo, hemos de señalar que muchas veces las diferencias se difuminan y es difícil determinar donde empieza un tipo de uso y donde acaba el otro.

En definitiva, al igual que cualquier otra técnica, cuanto más se utilice la realidad virtual más rápido se aprenderá a sacar provecho de ella. Un aprendizaje, que como señala Flichy (1995), “no permite descubrir solamente nuevas potencialidades técnicas, sino también nuevos usos”.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Flichy (1995) pone como ejemplo el teléfono, que al principio era fundamentalmente utilizado para transmitir mensajes y que no fue hasta más adelante cuando se convirtió en un instrumento de conversación, “de visita a distancia”.

### **3.4.1 Aplicaciones en ámbitos técnicos especializados**

#### *I. Medicina y Salud*

- Formación, reciclaje profesional y experimentación
- Cirugía y micro cirugía
- Psiquiatría y psicología
- Ayuda a la inserción social de discapacitados físicos.
- Terapias de rehabilitación para víctimas de lesiones y prevención de lesiones repetitivas
- Diagnósis
- Biotecnología

#### *II. Arquitectura, Urbanismo e Ingeniería Civil*

- Diseño de edificios y de interiores
- Ordenación urbanística y territorial
- Promoción y presentación de proyectos
- Estudio de impacto medioambiental
- Recreación de edificios y sitios interés histórico o artístico

#### *III. Ciencias*

- Aerodinámica Virtual
- Matemática.
- Astrofísica.
- Ingeniería molecular
- Geología y biología
- Meteorología
- Astronomía

#### *IV. Industria*

- Diseño y maquetización de productos y maquinaria
- Experimentación y pruebas (productos, maquinaria, procesos de fabricación, etc.)
- Mantenimiento de maquinaria y de cadenas de producción
- Optimización de recursos (evaluación de los procesos de fabricación)
- Visualización de datos complejos

#### *V. Robótica*

- Telerrobótica (o teleoperación)
- Ayuda para la concepción de robots

#### *VI. Aplicaciones Militares y Aeroespaciales*

- Simuladores aéreos, terrestres y submarinos
- Entrenamiento en combate y prácticas de tiro
- Sistemas de control y supervisión de operaciones
- Planificación y preparación de misiones espaciales
- Entrenamiento de astronautas

### **3.4.2 Aplicaciones en la vida cotidiana y simulaciones virtuales**

#### *I. Enseñanza*

#### *II. Arte (no escénico)*

- Obras de arte interactivas
- Museos virtuales

### *III. Comerciales y financieros*

- Visualización y demostración de nuevos productos (catálogos-televenta)
- Campañas de promoción y preparación de estudios de marketing
- Gestión de información financiera y administrativa

### *IV. Telecomunicaciones*

- Televirtualidad

### *VI. Industria del entretenimiento*

- Juegos y atracciones para parques temáticos y salones recreativos
- Juegos de realidad virtual para el hogar
- Cine y televisión
- Teatro virtual
- Edición multimedia
- Publicidad
- Sexo virtual

El utilizar técnicas de Realidad Virtual con el fin de reconstruir zonas arqueológicas y crear paseos virtuales dentro de ellas es una práctica que se viene realizando desde hace varios años y basta citar sólo algunos ejemplos para darnos cuenta de ello:

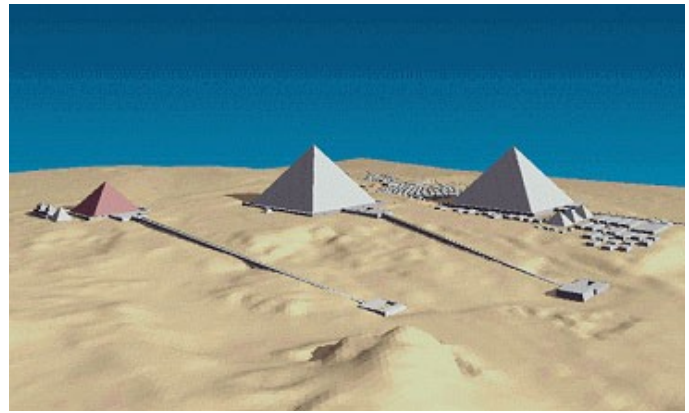
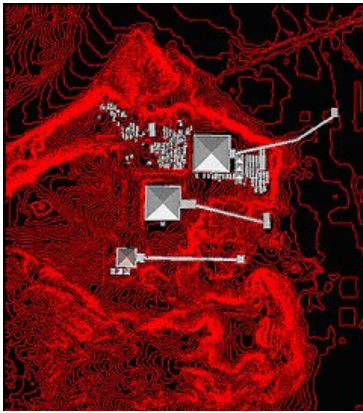
Un proyecto pionero es *The Great Kiva* realizado por John Kantner. La figura muestra un aspecto de este entorno cuya realización completa tomó alrededor de 3 años. El proyecto consiste en una reconstrucción en tercera dimensión de un tipo de estructura arquitectónica usada por comunidades prehistóricas del Suroeste de los Estados Unidos.



Reproducción de la "Great Kiva", localizada en Chaco Canyon, Nuevo México.

<http://sipapu.gsu.edu/great.kiva/old/index.html>

Un excelente proyecto sobre las Pirámides de Giza, fue realizado entre 1990 y 1995 por Peggy Sanders en el Oriental Institute Computer Laboratory de la Universidad de Chicago. La reconstrucción es muy detallada e inclusive comprende los conductos y cámara interiores de la pirámide.



Proyecto sobre las pirámides de Giza emprendido en la Universidad de Chicago.

[http://www-oi.uchicago.edu/OI/DEPT/COMP/GIZ/MODEL/Giza\\_Model.html](http://www-oi.uchicago.edu/OI/DEPT/COMP/GIZ/MODEL/Giza_Model.html)

La reconstrucción virtual del Templo de Herodes que se aprecia en las siguientes figuras fue expresamente pensada para exhibirse en un museo de sitio. Realizado conjuntamente por la Israel Antiquities Authority (IAA) y el grupo de simulación urbana de la UCLA, actualmente se exhibe como una atracción turística en el Parque Arqueológico de Jerusalén.



Tres aspectos más del Templo de Herodes en el Parque Arqueológico de Jerusalén.

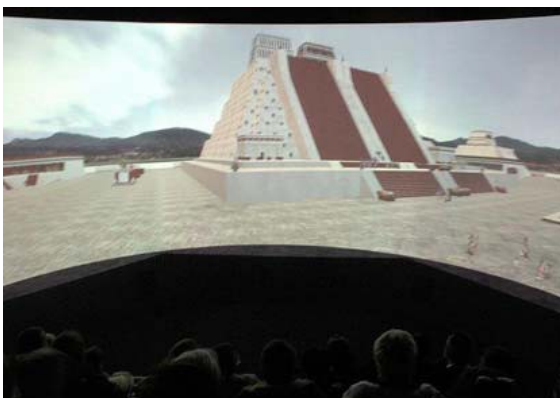
<http://www.archpark.org.il>

En el caso de México, como lo menciona la doctora Ruiz (2005), desde 1995 surgió el interés por aventurarse en actividades de Realidad Virtual. El pionero fue el Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes en la Ciudad de México dirigido en aquel momento por Andrea Di Castro. Cuauhtémoc Sentíes Rascón y un reducido número de entusiastas jóvenes realizaron el primer entorno para realidad virtual sobre la ciudad de Montealbán, el cual se exhibió en una pequeña sala del CNA (hoy CENART) durante dos años.

En las mismas fechas, un grupo de empresarios mexicanos pensaron que un entorno de realidad virtual sobre la ciudad de Tenochtitlan podría representar dignamente a México en la Feria Universal de Hanover del año 2000 (ver figuras).

La recreación virtual fue solicitada a la compañía Belga Pinxi a instancias de la dirección del Papalote Museo del Niño de la Ciudad de México quien solicitó colaboración del INAH y realizó el proyecto con ayuda financiera de CONACULTA.

Por diversos motivos, hasta el día de hoy, el proyecto Tenochtitlan no se ha presentado en México.







En las imágenes puede apreciarse la exhibición de Tenochtitlan en la feria de Hanover 2004. Estas imágenes estuvieron en el portal de Internet de SGI durante un tiempo.

En general, todos los trabajos mencionados hasta ahora, sólo utilizan las herramientas propias del medio (RV) para lograr establecer comunicación con el usuario. Es decir, en ningún caso se contempla la posibilidad de que exista un factor de significación más allá de la mera visualización tridimensional y, en algunos casos, inmersiva y toda la responsabilidad recae exclusivamente en la espectacularidad que el propio medio posee (el medio como mensaje).

El patrimonio cultural cumple la misión de conectar a unas generaciones con otras y, por tanto, permite la transmisión de los conocimientos. Cada día existe un mayor número de manifestaciones de dicho patrimonio cultural, aunque es sabido que conservar la cultura en su totalidad es imposible, por lo que nos debemos preguntar ¿qué se debe o se puede conservar? y ¿para qué y para quiénes conservarlo?

En el contexto del museo, existen dos grupos principales. En el primero, están englobados el público en general, los profesionales de la educación, administradores e inversionistas, cuyo principal interés radica en la manera en que se presenta la información de dicho patrimonio. El segundo grupo está conformado por los expertos (historiadores, arqueólogos y restauradores) que intervienen en el proceso de la colección, preservación y exploración del patrimonio cultural (BERNDT Y TEXEIRA, 2000). Por ello, cuando se diseña un “contenedor” del patrimonio cultural, es necesario conocer a qué público va dirigido y cuáles son los medios más viables para ello.

### **5.1 Contenedores del patrimonio cultural: archivos, bibliotecas y museos**

Los archivos y las bibliotecas son quizás los menos visuales de los contenedores patrimoniales, mientras que los museos o las exposiciones en línea del patrimonio cultural (LIEW, 2005) exponen sus manifestaciones, artísticas o técnicas, para hacer llegar al público la tradición sobre las diferentes culturas, y por ello, resultan más populares, aunque no siempre son convenientemente diseñados ni explotados.

Existen tantos tipos de museos como manifestaciones del patrimonio cultural hay, aunque entre ellos destacan los de arte, los arqueológicos, los de ciencia y tecnología, los antropológicos, los de artes y los de costumbres populares.

Según el ICOM (*International Council of Museums*; [www.icom.org](http://www.icom.org)), el museo es una institución permanente, sin fines lucrativos al servicio de la sociedad y su desarrollo, abierta al público y que realiza investigaciones concernientes a los testimonios materiales del hombre y de su medio ambiente, los adquiere, los conserva, los comunica y especialmente los exhibe con fines de estudio, de educación y deleite. La cuestión entonces es cómo optimizar su diseño, haciéndolo más atractivo y útil para el usuario. Hace ya tiempo que el medio de transmisión de dichos contenidos debía dejar de ser estático e interactuar con el visitante. ¿Pero cómo?

Con la aparición de las TI se ha puesto de manifiesto el nuevo concepto de cultura digital y cultura virtual (Veltman, 2002). Se propiciaron nuevos programas para la conservación y difusión del patrimonio cultural. Así, en Europa se impulsó el proyecto HEREIN ([www.european-heritage.net](http://www.european-heritage.net)), que es una red de información europea sobre políticas de patrimonio cultural, con el objetivo de establecer un servicio de información en Internet dirigido a autoridades públicas, profesionales, investigadores y formadores relacionados con el patrimonio cultural. ¿Pero cuál era la situación de las TI en el patrimonio cultural?

Por dicho motivo, se realizó un informe (Digital Culture; [www.cordis.lu/ist/digicult/index.html](http://www.cordis.lu/ist/digicult/index.html)) denominado *Technological Landscapes for Tomorrow's Cultural Economy – Unlocking the value of cultural heritage*, donde se exponían el estado y las perspectivas de futuro para el período (1996-2000-2006). En dicho informe, los retos a realizar serían potenciar la digitalización del patrimonio cultural y la enseñanza como medio principal de difusión de los servicios y productos del patrimonio cultural digitalizado, así como desarrollar la cooperación y la coordinación como piezas clave en el trabajo de red.

Ejemplo de este tipo de iniciativas, es el programa PATRIMONIO.ES ([www.patrimonio.es](http://www.patrimonio.es)) de digitalización del patrimonio cultural español, con el fin de facilitar el acceso al mismo, conservándolo y preservándolo, así como su utilización

como herramienta didáctica y de investigación. Pero dicho patrimonio digitalizado no sólo es la transformación de objetos en formatos digitales utilizando escáneres, cámaras fotográficas digitales, infografías o técnicas de reproducción 3D, sino lo que es más importante: el asociar a esos formatos digitales la información del objeto original y servicios añadidos.

En México, aunque existen muchos proyectos de digitalización del patrimonio cultural sobre todo de archivos y bibliotecas, no existe ningún programa o iniciativa con tales características, por lo que su difusión y aprovechamiento resultan extremadamente obstaculizados al no contar con un contenedor verdaderamente estructurado, por lo que contar con un programa de tales características en nuestro país se convierte ya en una prioridad.

En definitiva, se trata de establecer el intercambio de conocimiento, a modo de cooperación científica entre los museos (Lopes, 2000).

## **5.2 Sociedad de la Información, Sociedad del Conocimiento y Tecnologías de la Información**

Pero una vez que se hayan realizado estos cambios tecnológicos, y con el enorme volumen de información al que se tendrá acceso, ¿podremos procesar dicha información? ¿Cómo ha de conseguirse que la interacción con el usuario llegue a implicarle de forma tal que, pase de la información al conocimiento?

A lo largo de los años, las TI han presentado inconvenientes (Veltman, 2003). Hace años se comenzó escaneando los documentos de las bibliotecas, museos y archivos, para preservarlos del contacto físico, pero enseguida apareció el problema del almacenamiento de dichos archivos, cuyo volumen resultó mucho mayor del esperado. Por otra parte, las reconstrucciones digitales, de lugares y entornos ocupan terabytes,

y, en Internet, existe la restricción añadida del ancho de banda, que imposibilita la transmisión de datos multimedia en tiempo real, desvirtuando la recreación digital.

En los años 80, siguiendo consejos de la UNESCO, se empezó a incluir las imágenes, textos completos de libros y manuscritos, monumentos y entornos, y en los 90 el patrimonio intangible como música, idiomas, tradiciones orales, danzas y costumbres. Así pues, el patrimonio cultural digital material e inmaterial, sigue creciendo, y con la obligación de conservar el mismo.

Por todas estas razones, una posible solución que abordaría esta problemática sería la creación de un DER (Distributed Electronic Resource), para el intercambio entre redes y la cooperación entre instituciones o países. Con esta solución se podrá optimizar el acceso a los recursos de información pero todavía la interacción con el usuario no es la óptima, de forma que pueda aprender y no sólo informarse. Por ello, se desarrollaron nuevos lenguajes; pero, ¿cuáles son los más eficaces?

### **5.3 Lenguajes: Hipermedia**

Podríamos decir que el lenguaje gráfico es un lenguaje universal, pues todo lo visual es mucho más intuitivo y relacionable. Existen lenguajes gráficos que permiten convertir en formato digital los objetos físicos y, entre ellos, destaca especialmente la hipermedia, que combina texto, imagen fija y en movimiento, 3D, gráficos, voz y música junto a los hipertextos (Colorado, 2003), con la posibilidad de permitir la interactividad de una manera creativa.

Su aplicación más directa está en los museos, presentándose en formatos fuera de línea u *off-line* (CD-ROM, DVD), y en línea u *on-line* (Internet). La tendencia actual es el hipermedia en línea, pues es el que ofrece mayores facilidades de conectividad e inmediatez, logrando un buen nivel de interacción con el usuario para pasar de la

información al conocimiento, con un enorme abanico de posibilidades con la implementación de nuevas infraestructuras de conectividad mucho más veloces como el ADSL, la fibra óptica o la conexión vía satélite.

Entre los primeros hipermedia utilizados se encuentra el del sitio del Centro Georges Pompidou de París ([www.cnac-gp.fr/Pompidou/Accueil.nsf/tunnel?OpenForm](http://www.cnac-gp.fr/Pompidou/Accueil.nsf/tunnel?OpenForm)). El museo de Louvre presenta dos espacios: el CyberLouvre ([www.louvre.fr](http://www.louvre.fr)) que presenta una introducción a la visita del museo y un acercamiento a sus colecciones y su historia, y el Louvre Educativo (<http://education.louvre.fr>) que ofrece un servicio educativo en línea. En el reino Unido encontramos el legendario Museo Británico ([www.thebritishmuseum.ac.uk](http://www.thebritishmuseum.ac.uk)) y la Galería Tate ([www.tate.org.uk](http://www.tate.org.uk)). En Rusia, el Museo Hermitage ([www.hermitagemuseum.org](http://www.hermitagemuseum.org)), de San Petersburgo. En los EEUU sobresalen los sitios del Museo de arte Moderno ([www.moma.org](http://www.moma.org)) de Nueva York y su equivalente en San Francisco ([www.sfmoma.org](http://www.sfmoma.org)), el Museo Whitney ([www.whitney.org](http://www.whitney.org)) también en Nueva York, el Museo de Bellas Artes ([www.mfa.org](http://www.mfa.org)) en Boston, así como los museos de la Fundación Guggenheim ([www.guggenheim.org](http://www.guggenheim.org)).

#### **5.4 Lenguajes: Realidad Virtual**

La gran mayoría de los sitios de Internet de los museos ofrecen la visita virtual, basada en una organización lógica de páginas web que muestran esa visita. Pero para aprovechar mejor las técnicas multimedia por Internet, hay que diseñar entornos 3D en los que el visitante pueda navegar libremente. En la mayoría de las ocasiones son entornos *Quick Time VR (Virtual Reality)* que pueden ser vistos con un *plug-in* estándar. Pero en todos los casos, la guía durante la visita se deja al contenido mismo del sitio, no existiendo la posibilidad de entrar en contacto con otros visitantes virtuales, como ocurriría en la visita presencial. Por ello, es necesario facilitar dicha visita cooperativa (BARBIERI y PAOLINI, 1999). Sin duda constituiría uno de los métodos con mayor utilidad cuando se habla de la presentación de objetos del patrimonio cultural en un

espacio virtual; sin olvidar que la naturaleza del público es muy diversa y las conexiones a Internet nunca se efectúan con el mismo ancho de banda, por lo que la representación eficiente de objetos virtuales cobra un papel relevante (ZARA, 2004). Además, el diseño y el mantenimiento de un *website* es una batalla continua para evitar que la información esté desfasada u obsoleta (Angus, 2000).

Existen diversas técnicas de presentación de información digital basadas en la naturaleza de los objetos y en el método de visualización, como son las imágenes estáticas de objetos independientes 2D o 3D, videos de piezas colocadas en entornos tridimensionales, modelos virtuales manipulables 3D y la navegación interactiva en escenarios 3D formados por muchos objetos, por citar algunos.

Ejemplos de la primera técnica son las colecciones de pinturas 2D o de fotografías de objetos 3D. Son las denominadas galerías virtuales, que no tienen nada que ver con la realidad virtual. Esta técnica es la más utilizada en las presentaciones web. Un ejemplo se tiene en el Museo Virtual de Canadá ([www.virtualmuseum.ca](http://www.virtualmuseum.ca)).

La segunda técnica es la idónea para museos donde se colocan las piezas en exposiciones temáticas, aunque también otra solución es organizar las fotografías en secuencia, obteniendo una visita virtual por el museo. Obviamente, siempre está la solución de grabar un video real, que suele tener el inconveniente de ocupar un gran espacio de archivo lo que dificulta su transmisión por Internet.

La opción más avanzada de esta técnica es la de las imágenes panorámicas, que pueden ser diseñadas para contener en ellas zonas sensitivas que mediante *links* lleven al visitante a visualizar otras imágenes, páginas de Internet o en definitiva a obtener más información sobre la pieza o la exposición. El sitio de Internet del Museo de Louvre ofrece a sus visitantes esta alternativa para que puedan tomar un paseo virtual ([www.louvre.fr/llv/musee/visite\\_virtuelle.jsp?bmLocale=en](http://www.louvre.fr/llv/musee/visite_virtuelle.jsp?bmLocale=en)).

La tercera y cuarta técnicas se basan en representaciones totalmente tridimensionales. En definitiva, con esta opción se permite que el usuario pueda interactuar con las piezas, girándolas y observándolas desde todos los puntos de vista, realizando acercamientos y moviéndose por el escenario virtual con total libertad. La técnica más comúnmente extendida es la creada en formato VRML (*Virtual Reality Modelling Lenguaje*). Un ejemplo se puede observar en el Museo Canadiense de la Civilización ([www.civilization.ca/aborig/inuit3d/inuit3d.html](http://www.civilization.ca/aborig/inuit3d/inuit3d.html)), donde sólo se necesita instalar un *plug-in*, para el navegador.

También es aplicable a las máquinas o artefactos que presenten movimiento, pues se puede crear el modelo en formato VRML y obtener secciones de dicha máquina o artefacto y permitir su manipulación como si fuera real. Esta aplicación es especialmente útil en los museos de Ciencia y Tecnología, donde el poder comprender cómo funcionan las máquinas es especialmente atractivo.

Pero en la creación de escenarios virtuales es necesario previamente generar los modelos de los objetos. En esta fase adquiere especial relevancia la digitalización 3D (PIERACCINI *et al.*, 2001). Los archivos digitales de modelos 3D, desde el punto de vista de la conservación duran siempre y no se estropean, a diferencia de los dibujos hechos a mano o las fotografías y si son de alta calidad podrían ser incluso el referente para una posterior restauración. Los modelos de baja resolución, por su menor tamaño, podrían ser usados en los archivos de museos, documentando un gran número de piezas y posibilitando su transferencia a través de internet.

Las técnicas utilizadas van desde la manual, el contacto mecánico, la triangulación óptica, electromagnética, láser, por satélite GPS, o por sonido, hasta la estereofotogrametría, pasando por la luz estructurada o el tiempo de luz (Addison y Gaiani, 2000). Experiencias en este sentido se han venido desarrollando paralelamente, centradas en su aplicación a museos (Taylor *et al.*, 2003). Otra posibilidad es la de



hacer réplicas de alta fidelidad con técnicas como el prototipado rápido o la ingeniería inversa.

Efectivamente, esta técnica de realidad virtual presenta además la ventaja añadida de evitar el impacto sobre un entorno por el número de visitantes. En algunos casos, el usuario sólo puede moverse por el entorno sin poder controlarlo, lo que constituye la realidad virtual pasiva. A veces, se superponen imágenes reales sobre mundos virtuales, dando lugar a la realidad virtual mixta o realidad aumentada. Incluso se pueden generar entornos inmersivos, donde el usuario se sienta dentro del mundo generado por el ordenador, con la combinación de todos los aspectos sensoriales.

Así pues, los museos podrían combinar objetos reales y objetos virtuales, e incluso realizar simulaciones de escenarios que ya no existen (Beacham y Denard, 2003) o propuestas de restauración, mejorando los resultados con diversas técnicas de modelado tridimensional (Andreetto *et al.*, 2004; Tsirliganis, *et al.*, 2004; Vilbrandt, *et al.*, 2004).

Por otro lado, están irrumpiendo con fuerza los museos digitales de patrimonio digital inmaterial (Karp, 2004). Conceptos como el de Cybermuseo Interactivo (Espona, 2004), como un contenedor de patrimonio cultural digital inmaterial, construido a partir de las obras elaboradas por el propio usuario, se abren camino necesariamente unidos a las TI. Este patrimonio cultural inmaterial va creciendo, debiéndose asegurar su diversidad y coherencia (Arizpe, 2004), así como su presentación en el museo (Yoshida, 2004).

Se observa por tanto que el usuario accede tanto presencialmente como por Internet a dichos contenidos, lo que evidencia la necesidad de mejorar el diseño de los museos virtuales, planificando los sitios de Internet de manera eficiente y optimizando sus recursos. No basta con el solo hecho de tener una página, sino que deben ser elementos dinámicos que inviten al usuario a interactuar con el museo virtual para completar su información, incentivar su visita presencial y lograr así el conocimiento.

## 5.5 Museos Virtuales: Tipos, Objetivos Generales y Específicos

Estudios realizados entre museos de la página del ICOM ([www.icom.org/vlmp](http://www.icom.org/vlmp)) han demostrado que el diseño y la actualización de los sitios de Internet de los museos es clave para atraer la atención y despertar el interés del visitante (BOWEN, 1999). Otras investigaciones han demostrado que al aumentar los visitantes de la página *web*, cuyo origen es muy diverso, es conveniente diseñarlas cumpliendo las siguientes características (Cleary, 1999):

- Proporcionar el acceso en diferentes idiomas.
- Definir correctamente las etiquetas de los menús, para que se puedan realizar las acciones predecibles sin confundir al usuario.
- Agrupar los diagramas para que no estén dispersos y se puedan localizar fácilmente.
- Incluir la opción de navegar en versión mapa o texto.
- Insertar *links* externos para hacer más accesible la transición y búsqueda entre distintos sitios *web*.

En función de los objetivos, existen distintos tipos de sitios *web* (Teather y Willhem, 1999). Así podemos encontrar:

*Museos como folletos electrónicos*, donde sólo se presenta información acerca del horario de la visita, el precio, y una descripción general de los contenidos o hasta venta de productos. Suelen ser puramente informativos.

*Museos con reconstrucciones virtuales del entorno*, para ser visitados virtualmente y ver sus contenidos en exposición. Este tipo de sitios tiene una aplicación perfecta en museos de ciencia y tecnología, donde con base en alguna infografía (animación por computadora o realidad virtual) se podría apreciar cómo funcionaban máquinas en desuso, pues de otra forma sería imposible (Rojas-Sola y López-Campos, 2001), o

quizás también para la reconstrucción virtual de yacimientos arqueológicos o antiguos poblados. Por tanto, habrá que incentivar la visita presencial, pues tendría el inconveniente de que el usuario pudiera sólo realizar la visita virtual.

*Museos interactivos*, donde el usuario accede a la información que no encuentra en el museo con una visita presencial y, por tanto, complementa dicha visita. Ejemplos de esta modalidad son el Museo de Ciencia Naturales de Londres ([www.nhm.ac.uk](http://www.nhm.ac.uk)) y el *Exploratorium* de San Francisco ([www.exploratorium.edu](http://www.exploratorium.edu)).

*Museos con grandes bases de datos en línea*, que presentan imágenes en alta resolución de los objetos e información detallada, en la que se pueden utilizar recursos multimedia, como audio y video, e incluso herramientas más potentes sobre visualización 3D. Existen muchas bases de datos de este tipo, como las del SCRAN escocés ([www.scran.ac.uk](http://www.scran.ac.uk)), el Museo de Louvre o la Biblioteca AMICO ([www.amico.org](http://www.amico.org)).

Por tanto, los fines han de ser cuatro (Carrera *et al.*, 2003):

- Su contenido debe complementar al contenido del museo real, para incentivar la visita presencial.
- Los recursos de la *web* deben preparar al público para la posterior visita prevista, favoreciendo la contextualización.
- Se debe permitir el establecimiento de diferentes visitas en función del tipo de público generalista (*broadcasting*) o especializado (*narrowcasting*).
- Se deberían realizar experiencias y presentaciones que no pueden realizarse en otros medios, como la contextualización de objetos a partir de la realidad virtual.

Un estudio muy interesante sobre el diseño de los sitios de Internet para museos de arte se ha realizado recientemente (Karabin, 2000), donde se establece un protocolo a seguir en dicho proceso de diseño. Sin embargo, un inconveniente que presenta esta

técnica, es que este tipo de inversiones requieren un alto esfuerzo de recursos humanos y financieros, que sólo grandes museos e instituciones con el apoyo de las administraciones gubernamentales pueden llevar a cabo, y no los pequeños museos.

## **5.6 Aplicación de las TI en los Museos de México (evaluación diagnóstica)**

México es un país que experimenta con nuevas formas de preservar y presentar su diverso patrimonio cultural, centrándose en los recursos y su control. Tiene acceso a las últimas TI, aunque el problema es cómo usarlas rentablemente y cómo estimular el aprendizaje, es decir, despertar la curiosidad para que se desee profundizar en los contenidos (Chaves, 2001).

El patrimonio cultural con el que cuenta nuestro país lo convierte en una nación con gran potencial para exhibirlo y poder transmitir su cultura a todos los rincones del mundo, y no sólo a los entornos locales. Pero sin embargo, desde el punto de vista de las TI no está optimizado su uso en los contenedores de dicho patrimonio, aunque cada vez son más las iniciativas para mejorar su uso e implementación.

Para conocer el estado de dichos contenedores y el uso que hacen los museos en México de los recursos tecnológicos digitales como medio de difusión de sus contenidos, así como de la aplicación del diseño en dichos medios, se ha realizado una investigación que ha partido en primer lugar de los sitios de Internet de los museos por ser el medio más accesible e inmediato con el que cuentan para comunicarse con sus posibles usuarios. En primer lugar, se pensó en contemplar todas las páginas de los museos de sitios arqueológicos incluidos en el *website* del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), ([www.inah.gob.mx](http://www.inah.gob.mx)), por ser la institución más importante encargada de este tipo de desarrollos.

Cabe destacar que en dicha página se encuentran registradas, entre los 32 estados que conforman la República Mexicana, un total de 133 zonas arqueológicas abiertas al público, de las cuales, únicamente 37 poseen un museo de sitio, y de estos, tan sólo 1 posee página de Internet con un diseño propio ([www.templomayor.inah.gob.mx](http://www.templomayor.inah.gob.mx)) evidenciando así la enorme carencia y rezago que nuestro país presenta en este rubro. Por lo anterior, se incluyeron en el estudio todos los museos registrados tanto en la página del INAH (<http://www.inah.gob.mx/Museos/>) como en las publicaciones digitales de la Universidad Nacional Autónoma de México (<http://biblioweb.unam.mx/museos/>) que cuentan con página de Internet:

#### *Museos Nacionales:*

- |  |                  |
|--|------------------|
| • <a href="#">Museo Nacional de Antropología</a>                       | Distrito Federal |
| • <a href="#">Museo Nacional de Historia "Castillo de Chapultepec"</a> | Distrito Federal |
| • <a href="#">Museo Nacional de las Culturas</a>                       | Distrito Federal |
| • <a href="#">Museo Nacional de las Intervenciones</a>                 | Distrito Federal |
| • <a href="#">Museo Nacional del Virreinato</a>                        | Estado de México |

#### *Museos Metropolitanos:*

- |   |                  |
|---|------------------|
| • <a href="#">Museo de El Carmen</a>                      | Distrito Federal |
| • <a href="#">Galería de Historia "Museo del Caracol"</a> | Distrito Federal |

#### *Museos Regionales:*

- |   |  |
|---|--|
| • <a href="#">Museo Regional de Aguascalientes</a>      | • <a href="#">Museo Regional de Michoacán</a>  |
| • <a href="#">Museo Regional de Baja California</a>     | • <a href="#">Museo Regional de Morelos</a>    |
| • <a href="#">Museo Regional de Baja California Sur</a> | • <a href="#">Museo Regional de Nayarit</a>    |
| • <a href="#">Museo Regional de Campeche</a>            | • <a href="#">Museo Regional de Nuevo León</a> |

- [Museo Regional de Chihuahua](#)
- [Museo Regional de Chiapas](#)
- [Museo Regional de Coahuila](#)
- [Museo Regional de Colima](#)
- [Museo Regional de Durango](#)
- [Museo Regional de Guerrero](#)
- [Museo Regional de Guanajuato](#)
- [Museo Regional de Hidalgo](#)
- [Museo Regional de Jalisco](#)
- [Museo Regional de Oaxaca](#)
- [Museo Regional de Puebla](#)
- [Museo Regional de Querétaro](#)
- [Museo Regional de San Luis Potosí](#)
- [Museo Regional de Sonora](#)
- [Museo Regional de Tlaxcala](#)
- [Museo Regional de Yucatán](#)
- [Museo Regional de Zacatecas](#)

*Museos Locales:*

- [Baja California Sur](#) (2)
- [Campeche](#) (4)
- [Chiapas](#) (3)
- [Chihuahua](#) (1)
- [Guanajuato](#) (5)
- [Guerrero](#) (2)
- [Hidalgo](#) (2)
- [Jalisco](#) (2)
- [Michoacán](#) (2)
- [Morelos](#) (2)
- [Nayarit](#) (1)
- [Oaxaca](#) (1)
- [Puebla](#) (3)
- [Tabasco](#) (1)
- [Tamaulipas](#) (1)
- [Veracruz](#) (3)
- [Yucatán](#) (1)

*Museos de Sitio:*

- [Chiapas](#) (2)
- [Chihuahua](#) (1)
- [Estado de México](#) (6)
- [Michoacán](#) (2)
- [Morelos](#) (2)
- [Oaxaca](#) (2)
- [Tlaxcala](#) (4)
- [Veracruz](#) (7)
- [Yucatán](#) (3)

• [Guanajuato](#) (1)

• [Tabasco](#) (3)

• [Zacatecas](#) (1)

• [Hidalgo](#) (1)

*En el Distrito Federal:*

• [Templo Mayor](#)

• [Cuicuilco](#)

• [Casa de Carranza](#)

*Museos registrados en publicaciones digitales UNAM:*

• [Café Museo Café](#)

• [Museo del Desierto](#)

• [Museo de las Aves de México](#)

• [Archivo General de la Nación](#)

• [Antiguo Colegio de San Ildefonso](#)

• [Antiguo Palacio del Arzobispado](#)

• [Casa del Lago](#)

• [Centro de la Imagen](#)

• [Ex Teresa Arte actual](#)

• [Museo Arqueológico de Xochimilco](#)

• [Museo de Arte Carrillo Gil](#)

• [Museo de Arte Moderno](#)

• [Museo Casa de Frida Kahlo](#)

• [Museo de Cera](#)

• [Museo Estudio Diego Rivera](#)

• [Museo de la Ciudad de México](#)

• [Museo de La Luz](#)

• [Museo del Automóvil](#)

• [Museo Dolores Olmedo Patiño](#)

• [Museo Franz Mayer](#)

• [Museo Interactivo Infantil "Papalote"](#)

Chiapas

Coahuila

Coahuila

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

Distrito Federal

• <a href="#">Museo Mural Diego Rivera</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Museo Nacional de Culturas Populares</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Museo Nacional de La Revolución</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Museo de Arte Contemporáneo Internacional Rufino Tamayo</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Museo Soumaya</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Museo Universitario del Chopo</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Museo Universitario de Ciencias y Artes</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Palacio de Bellas Artes</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Universum Museo de Ciencias</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Museo de Historia Natural de la Ciudad de México</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Sala de Arte Público Siqueiros</a>	Distrito Federal
• <a href="#">Museo Casa de Sor Juana Inés de La Cruz</a>	Estado de México
• <a href="#">Centro de Ciencias Explora</a>	Guanajuato
• <a href="#">Museo Iconográfico del Quijote</a>	Guanajuato
• <a href="#">Museo de las Artes Universidad de Guadalajara</a>	Jalisco
• <a href="#">Museo de las Culturas Prehispánicas</a>	Jalisco
• <a href="#">Museo del niño de Guadalajara</a>	Jalisco
• <a href="#">Museo Porfirio Corona Covarrubias</a>	Jalisco
• <a href="#">Museo de Paleontología de Guadalajara</a>	Jalisco
• <a href="#">Museo Casa Natal de Morelos</a>	Michoacán
• <a href="#">Museo del Estado</a>	Michoacán
• <a href="#">Ecomuseo</a>	Michoacán
• <a href="#">Museo del Vidrio</a>	Nuevo León
• <a href="#">Museo de Historia Mexicana</a>	Nuevo León



• <a href="#">Instituto de Artes Gráficas de Oaxaca</a>	Oaxaca
• <a href="#">Museo de Arte Contemporáneo de Oaxaca</a>	Oaxaca
• <a href="#">Museo de Teotitlan de Valle</a>	Oaxaca
• <a href="#">Museo de Filatelia</a>	Oaxaca
• <a href="#">Museo Amparo</a>	Puebla
• <a href="#">Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos</a>	Puebla
• <a href="#">Museo de Arte de Querétaro</a>	Querétaro
• <a href="#">Museo de Historia Natural José Vilet Brullet</a>	San Luis Potosí
• <a href="#">Centro de Ciencias de Sinaloa</a>	Sinaloa
• <a href="#">Museo de la Exhacienda de Yaxcopoil</a>	Yucatán
• <a href="#">Casa Museo Ramón López Velarde</a>	Zacatecas
• <a href="#">Museo "Rafael Coronel"</a>	Zacatecas
• <a href="#">Museo Comunitario Gral. Juan José Ríos</a>	Zacatecas
• <a href="#">Museo Francisco Goitia</a>	Zacatecas

La metodología de la evaluación se basó en la clasificación de los cuatro tipos de *web* que aparecen en Teather y Willhem (1999), los que han permitido establecer el protocolo de preguntas (propuesta personal) para analizar las páginas de Internet anteriormente citadas. Dicho protocolo fue diseñado con el objetivo de evaluar la efectividad de comunicación con los usuarios que poseen los sitios de Internet de los museos. El protocolo aplicado consistió en las siguientes preguntas:

1. ¿Presenta e-mail del webmaster?
2. ¿Indica la resolución óptima y el navegador adecuado para visualizar la página?
3. ¿Existen datos de contacto como *e-mail*, teléfono, fax o dirección postal?
4. ¿Las etiquetas indican claramente el contenido de los hipervínculos?
5. ¿La página se encuentra actualizada?
6. ¿Existe contador de visitas?

7. ¿Existen programas educativos por parte de los museos?
8. ¿Se cuenta con enlaces externos relacionados con los contenidos?
9. ¿El diseño de la página es intuitivo y fácilmente asimilable?
10. ¿Se indica la investigación que se realiza o se edita alguna publicación?
11. Cuenta con información de horarios y precios?
12. ¿Se puede descargar una versión en texto de la información?
13. ¿Cuenta con recursos multimedia como sonido, video, o simulaciones?
14. ¿Existen aplicaciones de RV en línea?
15. ¿Proporciona salas de *chat* o *blogs* para la interacción de los visitantes?
16. ¿En función del objetivo, de qué tipo es el sitio: folleto electrónico, reconstrucción virtual del entorno, interactivo, o gran base de datos *on-line*?

Los resultados obtenidos presentaron una serie de puntos fuertes y puntos débiles. Como puntos fuertes, cabe decir que la mayoría de los sitios *web* presentaban detalles de contacto de los museos, como teléfono, *e-mail* o dirección postal, así como horarios de apertura al público y precios de la visita; por otro lado, las etiquetas indicaban claramente el contenido de los hipervínculos, estando actualizadas en su mayoría, ofreciendo diseños amigables además de que varios sitios ofrecen versiones en texto de la información. Pero desde luego, uno de los aspectos más importantes que presentaban es que muchos de ellos ofrecen programas educativos a los visitantes.

Como puntos débiles, habría que señalar que en muchos casos no se proporciona el correo electrónico del *webmaster*, ni se indica la resolución óptima ni el navegador o los recursos a utilizar, y tampoco existe un contador de visitas. Pero quizá lo más importante es que no se explica la labor de investigación, que todo museo debe realizar, ni existen, salvo en contadas ocasiones aplicaciones de RV o de hipermedia en línea, así como salas de *chat* o foros que permitan el intercambio de experiencias u opiniones.

Por último, cabe señalar que 61% utilizan la página como un folleto electrónico, donde se pueden conocer datos generales de apertura, información de contacto, dirección, así como descripciones generales de sus salas y contenidos; mientras que un 37% se

clasifican como un tipo de *web* interactiva, puesto que el visitante puede navegar por el sitio para descubrir información que no se encuentra en la visita presencial y complementar de esta forma su experiencia. Apenas el 2% restante utiliza tecnologías de RV (en su mayoría QTVR) mientras que no existen páginas del tipo de grandes bases de datos en línea.

## **5.7 El Museo del Templo Mayor**

El Museo del Templo Mayor fue creado para dar a conocer los más de catorce mil objetos encontrados durante las excavaciones realizadas entre 1978 y 1982, en el que fuera el templo principal del pueblo mexica.

Inaugurado el 12 de octubre de 1978, el museo recrea la dualidad de vida y muerte, agua y guerra, símbolos de Tláloc y Huitzilopochtli deidades a quienes estaba dedicado el Templo Mayor.

### *Dirección:*

Seminario 8, Centro Histórico, CP 06060, Cuauhtémoc, México, Distrito Federal.  
Teléfonos: 01 (55) 5542 0256, 1717, 4785 y 4787

### *Temáticas:*

A lo largo de sus ocho salas se exhiben miles de objetos, 9% de los cuales provienen de la zona arqueológica y que explican aspectos de la cultura mexica. La arquitectura fue concebida con base en la forma del Templo Mayor, por lo que también cuenta con dos secciones: la sur, dedicada a los aspectos relacionados con el culto a Huitzilopochtli, como la guerra, el sacrificio y el tributo, y la norte,

dedicada a Tláloc, así como a la agricultura, la flora y la fauna. El recorrido ofrece al visitante una visión lo más cercana posible de la etapa de mayor esplendor del sitio.

### *Sala 1. De Coatlicue al Templo Mayor*

Muestra de las investigaciones arqueológicas en el recinto sagrado de México-Tenochtitlán, desde 1790, cuando fueron halladas la Coatlicue y la Piedra del Sol, hasta los hallazgos más recientes del Proyecto Templo Mayor y del Programa de Arqueología Urbana.

### *Sala 2. Ritual y sacrificio*

Se exhiben objetos relacionados con los ritos funerarios, las ceremonias religiosas y el sacrificio humano. Para los pueblos mesoamericanos, y en especial para los mexicas, la vida cotidiana estaba teñida por un fuerte sentimiento religioso. Incluso la guerra era considerada como un ritual que permitía, por un lado, la expansión militar y el consecuente dominio tributario, y por el otro, la captura de enemigos destinados a morir en sacrificio para alimentar al Sol y asegurar la permanencia del cosmos.

### *Sala 3. Tributo y comercio*

En esta sala se encuentran objetos producto del tributo y del comercio que los mexicas mantuvieron con otros pueblos y que fueron depositados en las ofrendas. En un mapa se ilustran los sitios y las rutas de los comerciantes mexicas, así como las zonas tributarias bajo su dominio desde su independencia del señorío de Azcapotzalco hasta la caída del imperio frente a los españoles.

#### *Sala 4. Huitzilopochtli*

Sala dedicada al dios de la guerra o colibrí del sur, patrono de los mexicas. A pesar de su gran importancia, no se han encontrado esculturas ni otras representaciones de esta deidad, ya que, según las fuentes históricas, su imagen era hecha con semillas de amaranto, las cuales difícilmente se conservan con el paso de los siglos. Sin embargo, gracias a las escasas imágenes en los códices se sabe que sus atributos principales eran un yelmo o casco en forma de colibrí; en una mano una serpiente de turquesa y en la otra un escudo con cinco adornos de plumas: una bandera ritual de papel, la Xiuhcōatl o serpiente preciosa y su arma mágica, entre otros. Asimismo se exhiben objetos asociados con su culto.

#### *Sala 5. Tláloc*

Sala dedicada al dios de la lluvia, fecundador de la tierra y residente de las más altas montañas, donde se forman las nubes. Tláloc era uno de los dioses más antiguos e importantes de Mesoamérica, pues de su bondad dependía que la tierra diera sus frutos y de su ira, la pérdida de las cosechas, al enviar granizo e inundaciones. Por su enorme fuerza, los mexicas lo ubicaron junto a su gran dios Huitzilopochtli en el Templo Mayor de Tenochtitlán.

#### *Sala 6. Flora y fauna*

Se exhiben restos de animales y plantas que revelan la percepción que tenían los mexicas de su entorno y el valor que le daban en relación con su mundo religioso: muchos de los dioses prehispánicos tienen cualidades y rasgos animales, producto de esa observación minuciosa del ecosistema.

### *Sala 7. Agricultura*

Se muestran objetos para explicar la importancia de la agricultura entre los mexicas. Múltiples dioses presidían esta actividad, y los rituales correspondían a las épocas de lluvia y de secas, determinadas por Tláloc.

### *Sala 8. Arqueología histórica*

Los objetos en exhibición abarcan desde la conquista española hasta el siglo XX, recuperados a lo largo de las excavaciones del Proyecto Templo Mayor y el Programa de Arqueología Urbana.

### *Importancia del museo*

Inaugurado el 12 de octubre de 1987, el Museo del Templo Mayor investiga, conserva, expone y difunde el material arqueológico excavado durante varias temporadas de trabajo por el Proyecto Templo Mayor y el Programa de Arqueología Urbana, desde 1978 hasta la fecha.

### *Servicios*

El museo abre sus puertas al público de martes a domingo de 9:00 a 17:00 horas. La cuota de admisión es de 45 pesos, que incluye la entrada a la zona arqueológica y al museo. Exención de pago a niños menores de trece años, estudiantes, maestros y personas de la tercera edad con credencial. Los domingos la entrada es gratuita. La utilización de videocámara está sujeta a un pago de derechos. El museo presta los siguientes servicios: exposiciones temporales, auditorio, biblioteca, guardarropa, expendio de publicaciones, audioguías, talleres educativos, cursos de verano, visitas guiadas (previa reservación al teléfono 5542 4784), asesorías a maestros y a escolares para la realización de tareas y atención

a personas con capacidades diferentes (sillas de ruedas, guías en braille, rampas y ascensores).

## **5.8 El Recinto Sagrado de México-Tenochtilan**

En la búsqueda de información, se encuentran dos vertientes principales que se conjugan y a la vez se complementan. La primera la constituyen las fuentes bibliográficas y está compuesta por las diferentes crónicas, documentos y pictografías elaboradas, en su mayoría, en los siglos XVI Y XVII, que fueron realizadas por los testigos de la historia; crónicas que varían entre otras cosas por la naturaleza del narrador, así, encontramos diferencias entre las descripciones de Cortés, quien destaca sus acciones bélicas, ya que buscaba el apoyo de la Corona, y las narraciones de los frailes quienes, como Diego Durán, buscaban ser más objetivos, pues pretendían servir de guía a los evangelizadores.

De cualquier modo, se debe ser cauto al analizar sus trabajos, pues es frecuente encontrar que la cosmovisión europea les hacía perder objetividad, como en el caso de algunas representaciones gráficas en donde los edificios mexicas se ven como las torres de un castillo a la usanza europea, o como las comparaciones no muy correctas que realizó Fray Bernardino de Sahagún en su monumental “Códice Florentino” donde equipara al gran Huitzilopochtli, Dios de la Guerra con “Hércules”, que es “de grandes fuerzas y belicoso”; o a Tezcatlipoca, Señor del cielo y de la tierra con Júpiter; y al Dios del Fuego Xiutecutli con “Vulcano”, claro está que estas descripciones pudieron ser útiles en su tiempo, pero hoy sabemos que no son adecuadas.

Los textos de Fray Diego Durán, de Motolinía y de Mendieta son, sin embargo, la base de los conocimientos del “Panteón” (todo dios) mexica. Otra fuente bibliográfica la constituyen los manuscritos náhuas de los que se han hecho traducciones, como son

los “Anales de Cuautitlán” y la “Leyenda de los cuatro soles”, que forman el llamado “Códice Chimalpopoca”, o el “Códice Mendocino” por citar algunos.

Las narraciones de los cronistas deben de ser corroboradas por las pruebas físicas, es decir, por lo que constituye la otra fuente de información: La Arqueología. En este proyecto en particular, esta información se obtuvo de los recintos del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), en el Museo Nacional de Antropología e Historia y por supuesto en el Museo de sitio del Templo Mayor.

A este respecto, el arqueólogo Eduardo Matos Moctezuma, director del proyecto “Templo Mayor” afirma que los descubrimientos coinciden, en su mayoría, con las descripciones de los cronistas.

Dicho lo anterior, iniciaremos con la descripción del magnifico Recinto Sagrado:

La gran ciudad de Tenochtitlan, trazada a partir del modelo de Teotihuacan, estaba dividida por tres calzadas orientadas hacia los cuatro puntos cardinales; al centro, en donde estas se conjuntaban, se edificó el Recinto Sagrado, que constituyo el principal centro ceremonial de los nahuas y quizá de toda Mesoamérica. El Recinto albergaba al grandioso Huey Teocalli, nada menos que el Templo Mayor, símbolo central del universo azteca.

La cosmovisión del pueblo nahua, guarda un preciso orden y relación con sus deidades, era una sociedad politeísta cuyos dioses regían el acontecer universal, por lo que no es de extrañar que toda su arquitectura, lejos de ser realizada al azar o con intenciones ornamentales, tenga un profundo simbolismo religioso.

El Templo Mayor, por ejemplo, representa dos cerros: el de Coatepec, lugar de nacimiento de su Dios principal Huitzilopochtli, lugar del Dios de la guerra, del sacrificio y del combate, el lugar de la muerte; y el de Tonacatepec, el lugar del Dios del agua y



de la lluvia, y por tanto, el lugar de los mantenimientos, el lugar de la fertilidad y de la vida, el lugar donde se encierran los granos de maíz; el lugar de Tlaloc.

Lo anterior nos muestra que el gran Templo representa a las dos actividades principales de los aztecas: la agricultura y la guerra.

Al estar el Templo Mayor situado al centro de las tres calzadas: la de Tlacopan o Tacuba, con dirección al Poniente; la del Tepeyac, orientada al Norte y la de Iztapalapa que se dirigía al Sur, representaba el centro horizontal del mundo; pero también constituía el centro vertical, es decir, era el Nivel Terrenal, del que partían los trece niveles del cielo, cuyo nivel más alto era el lugar donde moraba la pareja creadora, Ometecuhtli “Señor dos” y Omecihuatl, “Señora dos”; y los nueve niveles del inframundo, con el nivel más bajo constituido por el “Mictlan” morada de “Mictlantecuhtli”, el señor de los muertos.

El Recinto Sagrado estaba constituido por una veintena de edificios, todos ellos con una función y simbolismo tan preciosos como el Edificio Principal, así encontramos los Templos de los Tezcatlipocas el Rojo y el Negro, quienes junto con su hermano Quetzalcoatl y con su otro hermano quien quizá era Huitzilopochtli o Tlaloc se encargaban de cerrar y de destruir mediante sus constantes pugnas, las cuatro etapas de la creación y también el “Quinto Sol”, la época actual. Tezcatlipoca era considerado como un Dios bélico y cruel, se relacionaba con lo oscuro y lo maligno, incluso su representación era de color Negro. Los Templos de Tezcatlipoca miraban de frente al Templo Mayor y se situaban a sus costados.

El Templo de Ehecatl-Quetzalcoatl se caracterizó por sus basamentos circulares, así como de su peculiar entrada, de la que hablaremos posteriormente; este Templo estaba, a decir de los historiadores, enfrente del Templo Principal, y un poco más atrás de él; a sus flancos, se encontraban cuatro templos, dos de cada lado, muy semejantes

entre sí, que pertenecían a deidades menores. Estos templos, así como el de Quetzalcoatl, estaban orientados hacia el Este.

El edificio conocido como Huey Tzompantli, se encontraban más atrás del Templo del Dios del viento Quetzalcoatl, y era en verdad una representación cruel del dominio que los Aztecas tenían sobre los demás pueblos, pues exhibía los cráneos de los guerreros vencidos en combate. El Recinto contenía además el Juego de Pelota, edificio con forma de “H” que tenía también un valor simbólico de la lucha entre el día y la noche.

El Templo del Dios del Sol Tonatiuh, era el lugar donde se realizaban los combates entre los caballeros “Águila” o los caballeros “Ocelote” con los prisioneros, quienes se encontraban en desventaja, pero tenían la oportunidad de salvar su vida si combatían con valor. La escuela de los Sacerdotes y de los Guerreros el Calmecac, también se encontraban dentro del recinto, y cubría la esquina del lado Noroeste.

Al formar un nuevo asentamiento, los mexicas construían de inmediato un templo en honor a Huitzilopochtli. Si observamos la lámina 1 del Códice Mendocino, en donde se aprecia el águila sobre el nopal en el centro del lago de Tezcoco, podemos leer el nombre de Tenochtitlan. El lugar en donde se encontró el símbolo anunciado es donde de edificó el Templo Mayor. El Recinto estaba delimitado por una plataforma (representada por Marquina con un muro en sus dibujos y en la maqueta que se encuentra en el Museo Nacional de Antropología e Historia) que sólo se interrumpía en la entrada de las calzadas y que dividían el espacio sagrado del profano.

Sabemos que el Recinto Sagrado estaba en lo que hoy es el Centro Histórico; es por eso que el realizar excavaciones es, en la mayoría de los sitios, algo imposible. Antaño se creía que el Templo Mayor estaba bajo la Catedral Metropolitana, pero hoy sabemos que no es así, ya que los vestigios del Templo se encuentran a un costado de la Catedral del lado Este. Los trabajos realizados desde 1978 por el equipo comandado por Matos Moctezuma han sacado a la luz los restos de las nueve etapas constructivas

del Templo Mayor y obviamente su localización exacta, así como uno de los edificios en “L” de los guerreros “Águila” y otros adoratorios más pequeños.

“El Recinto era un rectángulo de una extensión aproximada de 300 x 350 metros, es muy difícil conocer exactamente sus límites, pero probablemente llegaba por el Oriente hasta las calles del Carmen y del Correo Mayor; al Poniente a la de Monte de Piedad, al Norte a las de San Idelfonso y al Sur a la de Moneda” (Marquina, 1981)

De la cinta anterior podemos concluir que abarcaba, de Sur a Norte las calles de Moneda, Donceles y San Idelfonso, y de Este a Oeste las calles de Correo Mayor, Argentina y Monte de Piedad; la Puerta norte, del Tepeyac debió estar en donde se cruzan San Idelfonso y Argentina, la puerta sur, de Iztapalapa en la esquina Sureste de La Plaza de la Constitución, y la puerta Poniente, de Tacuba, en donde Monte de Piedad y Guatemala hacen esquina.

La colaboración de los templos así como la división por calzadas, es un elemento muy similar al de la ciudad que sirvió como modelo, Teotihuacan, que esta dividida por la calzada Norte-Sur y la calzada de los muertos.

El Templo Mayor miraba al Oeste, por lo que si se accedía a él por la calzada de Tacuba se apreciaba de frente, el Templo de Quetzalcoatl, colocado frente al Templo principal miraba hacia la salida del sol, al igual que el Templo de Tonatiuh; los Templos que flanqueaban al Templo del Dios del Viento, llamados de Coacalco, de Cihuacoatl, de Chicomecoatl y de Xochiquetzal estaban alineados de Norte a Sur, eran edificados muy semejantes entre sí y miraban al Este.

Como anteriormente se mencionó, el Templo Mayor representaba el orden universal, el origen y el presente del hombre, la dualidad de la destrucción y la construcción. Si bien es cierto que lo que para los aztecas era una verdad absoluta que actualmente consideramos como una interesante narración, no deja de asombrarnos con la riqueza

de su simbolismo y con la majestuosidad que debió tener cuando los españoles llegaron a la ciudad. Desafortunadamente su historia y significado no son tan conocidos como deberían dentro de la actual sociedad mexicana quinientos años después.

Este edificio, el principal dentro del Recinto, tiene una característica que lo diferencia de los demás, y es que posee dos adoratorios en lugar de uno, podemos encontrar un edificio muy similar en Tenayuca en el Estado de México, pero éste de menores dimensiones.

El Templo Mayor tenía una base rectangular de 100 x 80 metros, siendo su lado más extenso el que se extiende de Sur a Norte. Se componía de cuatro o cinco basamentos en talud, no muy inclinados, entre uno y otro quedaba un pequeño pasillo, es decir, que entre la base menor del primer basamento y la base mayor del segundo no había mucha diferencia. El Templo, al igual que todos los demás del Recinto, estaba construido de roca unida con argamasa (mezcla de arena y cal), material con las mismas funciones del cemento, y recubierto en su totalidad por estuco.

La escalera abarcaba casi todo el frente, estaba delimitada por alfardas gruesas y dividida por una doble alfarda al centro, las cuatro alfardas tenían en la parte de abajo grandes cabezas de serpiente hechas de basalto, y en su parte más alta cambian su inclinación hasta una casi vertical, formando así una especie de pedestal.

Las cabezas de serpiente no eran iguales en los dos templos, las del lado de Tlaloc tenían un aspecto más natural, las del otro lado se veían más agresivas.

Para aproximar su altura, podemos hacer referencia al número y altura de escalones. “Las referencias mencionan, en promedio, un número de 113 a 114, lo que, considerando en cada escalón una altura de 25 cm., daría una altura total aproximada de 30 metros” (Marquina, 1981)

En la parte superior del Templo, se encontraban los dos adoratorios, de Tlaloc y de Huitzilopochtli, el del lado norte corresponde al Dios de la lluvia. Los adoratorios estaban formados en la parte baja de mampostería, los muros eran verticales, los techos tenían una leve inclinación, y estaban contruidos mediante un armazón de vigas de madera recubiertas de un grueso aplanado de cal; en cada uno de los cuales se formaba un tablero. Los tableros estaban decorados de manera diferente en cada Templo. El de Tlaloc tenía franjas verticales alternadas en blanco y azul, mientras que el de Huitzilopochtli tenía varios cráneos labrados en piedra y pintados de color blanco sobre un fondo que algunos autores dicen que era rojo y otros que estaban recubiertos de fragmentos de obsidiana. Sobre los techos de los templos había filas de almenas de piedra, que en el Templo de Tlaloc eran estilizaciones de caracoles cortados y en el de Huitzilopochtli de mariposas; podemos observar ejemplos en la sala mexicana del Museo Nacional de Antropología e Historia.

Al frente de los adoratorios se encontraron dos elementos sumamente importantes, en el lado sur está la piedra de los sacrificios y frente al adoratorio de Tlaloc se encontró una representación de Chac-mool, de características toltecas poco más o menos del tamaño de un hombre. Podemos observar estos elementos en el Museo de sitio del Templo Mayor.

El Huey Teocalli estaba adornado con numerosos braceros del tamaño “casi de un hombre”, los elementos que lo conforman eran cónicos. Todo el sitio se encontraba sobre una plataforma a la que se accesaba por el patio del Recinto. Sobre el basamento, una serie de serpientes nos recordaban la representación del cerro de Coatepec; dos de ellas tienen el cuerpo ondulante y sus grandes cabezas aún guardan restos del color original que las cubría. Estaban situadas en los extremos norte y sur de la plataforma, colocadas frente a frente, pero con una gran distancia entre ellas.

Este elemento otra vez lo podemos encontrar en Tenayuca, el “Coatepantli” o muro de serpientes. A la mitad de la plataforma, siguiendo el eje de la escalera, otra serpiente

mira al Oeste. Además de las cabezas de serpiente, sobre la plataforma se encontraba la representación escultórica de Coyolxauhqui, realizada en piedra volcánica, en alto relieve sobre una base circular de poco más de tres metros. La escultura se encontraba al centro de la escalera del lado Sur.

Retomando nuevamente el simbolismo del lugar, mencionemos ahora la colocación estratégica de Coyolxauhqui. La leyenda habla del nacimiento de Huitzilopochtli, y la describiremos a grandes rasgos: Coatlicue, la Diosa de la Tierra, la de la “falda de serpientes”, quedo embarazada, sus hijos, especialmente Coyolxauhqui se enfadaron por el hecho y planearon la muerte de la Diosa; en el preciso momento del ataque, nació Huitzilopochtli, quien contraatacó dando muerte a su hermana y arrojándola por el cerro de Coatepec la vio caer desmembrada, condenándola así, a permanecer en el nivel terrestre.

Una vez más recordemos que el templo representa el cerro de Coatepec, y que en la parte superior gobierna Huitzilopochtli, luego entonces resulta clara la representación de la leyenda. Las representaciones del acontecimiento se repetían una y otra vez durante las fiestas, cuando los sacerdotes arrojaban al cuerpo del sacrificio por las escaleras.

Durante la fiesta de Coatlicue, también efectuada en el Templo Mayor, según Durán, se realizaba el sacrificio de una mujer, que era subida a espaldas de un hombre hasta lo alto del templo y ahí se le degollaba, después se sacrificaba a los cautivos, suceso relacionado con el mito, ya que los subían a unos maderos y desde allí los arrojaban.

Dejaremos por ahora el gran Huey Teocalli, dando lugar al estudio de los demás edificios del Recinto, que no por estar en torno del magnifico templo, dejaban de ser impresionantes y de tener un profundo simbolismo.

Entre los edificios más importantes que aparecen en el plano de Sahagún, encontramos la pirámide de Ehecatl-Quetzalcoatl. Situado enfrente del Templo Mayor, tenía la peculiaridad de estar formado por cuatro basamentos circulares que al frente se combinaban con basamentos rectangulares. La escalera de acceso abarcó casi todo el frente del edificio, y al igual que en el Templo Mayor, estaba delimitada por gruesas alfardas de iguales características, incluyendo las cabezas de serpiente colocadas en la parte inferior de la alfarda. Al llegar arriba, se encontraba un patio rodeado de almenas, y al centro, la parte principal del templo, de forma cilíndrica.

El acceso al Adoratorio era por una pequeña puerta que veía hacia el Este y representaba la boca de una gran serpiente de aspecto terrorífico y, a decir de los cronistas “diabólicamente pintada”; en realidad, sus colores eran azul para el rostro de la serpiente, rojo para los labios y blanco para los colmillos. La parte superior del adoratorio estaba adornada con una franja azul alrededor, y más arriba estaba también decorada con almenas en forma de caracol. El techo del templo era un cono hecho de madera y recubierto de paja, el cual era tan alto como el adoratorio, y ambos eran casi tan altos como la pirámide que los soportaba. Todo el Templo se situaba sobre una plataforma rectangular y estaba recubierto de estuco.

Para poder imaginarse la forma, es necesario observar otros templos como los que se conservan en Malinalco, Estado de México y Calixtlahuaca, en Michoacán. El edificio de Malinalco posee aún el techo cónico de madera y paja.

Si seguimos el eje que marca la calzada de Tacuba de Este a Oeste, llegamos, según Matos al “Altar de Calaveras”, al Huey Tzompantli, y posteriormente al Juego de Pelota; en la representación hecha por Marquina en su maqueta del Museo Nacional de Antropología, el arqueólogo coloca al Juego de pelota después del Templo de Ehecatl Quetzalcoatl, y al Tzompantli en una posición intermedia, pero del lado Sur.

Con respecto al Tzompantli, podemos encontrar referencias en las pictografías de Sahagún, aunque es más completa la descripción de Durán: “Frontero de la puerta principal de este templo de Huitzilopochtli había treinta gradas largas de treinta brazas de largo que las dividía una calle que estaba entre la cerca del patio y ellas. En los alto de ellas había pasadero ancho de treinta piés, tan largo como eran las gradas. El cual pasadero estaba a lo largo de una bien labrada palizada cuanto alto podía tener un árbol, hincados todos en renglera, que de palo a palo había una braza, estos palos gruesos estaban todos barrenados con uno agujeros pequeños, y tan espesos los agujeros que de uno a otro no había media vara. Los cuales agujeros llegan hasta la cumbre de los gruesos y altos palos. De palo a palo por los agujeros venían unas barras delgadas y estaban ensartadas muchas calaveras de hombres por las sienes. Tenía cada vara veinte cabezas. Llegaban estas rengleras de calaveras hasta lo alto de los maderos de la palizada de cabo a cabo llena, que me certificó un conquistador que eran tantas y tan sin cuento y tan espesas, que ponían grandísimas grima y admiración” (Durán, 1867).

De tan florida descripción, podemos resaltar el número tan exagerado de cráneos que el Tzompantli debió tener, intentaremos ahora describirlo de manera más objetiva. Las representaciones actuales, tanto la de Matos como la de Marquina, muestran la construcción como una plataforma rectangular muy larga. En proporción con las dimensiones del Templo Mayor, que es de los pocos edificios de que se conocen medidas fidedignas, se diría que de unos 80 metros, mientras que el largo tendría unos 8 metros.

En los extremos, el Tzompantli poseía paredes adornadas por cientos de cráneos labrados en piedra y recubiertos de estuco, mientras que a todo lo largo, la estructura era de madera y sostenía a las varas que a su vez cargaban los cráneos verdaderos, cráneos procedentes de los enemigos vencidos en batalla y que representaban la supremacía mexica sobre sus conquistados; cabe mencionar que las cabezas no se



cambiaban sino hasta que éstas se caían solas o cuando las varas requerían reposición.

El Tzompantli fue hallado en la calle de Guatemala cuando se hicieron las obras de drenaje de la ciudad. A un costado del Templo Mayor, del lado norte, entre este y el Edificio “L” de los guerreros águila, se encontró un adoratorio pequeño, de unos cuatro metros, adornado también por calaveras labradas y recubiertas de estuco, este edificio se puede ver en el Museo del Templo Mayor.

Dentro del Recinto había templos más pequeños que estaban decorados de Tzompantlis, estaban colocados al lado norte del Templo Mayor, orientado hacia el Frío Mictlan.

Dejando ahora tan lúgubre construcción, pasaremos a algo más agradable, el Juego de Pelota. El juego se realizaba en un patio que tenía la forma de una “H” mayúscula acostada. A los lados del travesaño de la “H” se extendían los muros y en medio de cada uno se insertaba verticalmente un anillo de piedra o de madera, a través del cual, los jugadores debían pasar una pelota de hule macizo. La descripción física se obtendrá nuevamente de otras construcciones de iguales funciones y características, en este caso se retoman los edificios de Xochicalco y Tula, e incluso se han encontrado piezas semejantes los atlantes en donde estuvo el Juego de Pelota del Recinto.

El patio, donde propiamente se llevaba a cabo el juego, estaba flanqueado por basamentos que servían como plataforma para los espectadores, a ellas se accedía por escaleras que abarcaban todo el ancho de la cancha; al centro de la plataforma, se levantaba un pequeño espacio techado, seguramente por el árbitro. En los costados norte y sur, se colocaron construcciones techadas que veían hacia la cancha, con cinco columnas al frente, del lado oeste, un pasillo techado se encontraba frente a las escaleras. La construcción estaba recubierta toda de estuco, y estaba decorada de una franja roja. Todo el edificio se encontraba sobre una plataforma rectangular.

El Juego de Pelota entero debía medir 100 metros en su lado mayor y 80 en el menor, y unos 8 metros de alto contando la plataforma.

Pasaremos ahora a una descripción de cómo se realizaba el juego, para tal efecto, recurriremos a la narración que Fray Diego Durán realizó de tal ceremonia:

“Alabaremos a los que con tanta maña y destreza y gentileza juegan con las asentaderas o rodillas, teniendo por falta el tocarle con la mano ni con otra parte del cuerpo excepto por las dos partes dichas de asentaderas o rodillas”.

Seguramente debió ser un juego muy vistoso, y sin lugar a dudas, requería de una gran condición física. El jugador que mostraba destreza era distinguido por sus compañeros, tal como hoy lo hacemos en el fútbol o en el baloncesto; “Al que metía la pelota por aquel agujero de piedra lo cercaban allí todos y le honraban y le cantaban cantares y alabanzas y bailaban con él un rato y le daban cierto premio particular de plumas o mantas, bragueros, cosa que ellos tenían en mucho” (Durán, 1867).

La cita anterior de Durán, muestra de cierta manera el aspecto humano dentro del Recinto, es decir, que dentro de un ambiente solemne, el Juego de Pelota era un espacio para demostrar la alegría y la pasión que acompañaba a las competencias deportivas, así como por la participación de los jugadores hábiles, de los preferidos, que no solo eran reconocidos por el pueblo, sino por los grandes señores, tal y como lo describe la siguiente cita: “Y había con el ejercicio tan diestros y excelentes jugadores que además de ser tenidos en estima, los reyes les hacían mercedes y los hacían privados en su casa y en su corte, y eran honrados por insignias”.

Algunos autores describen el juego como un evento de recreación, sin embargo, también tiene una connotación religiosa por lo que se encontró dentro del recinto, y es la expresión de la lucha entre el día y la noche, la batalla entre Tezcatlipoca y Quetzalcoatl, de los poderes diurnos y los nocturnos.

Ya describimos el templo de Quetzalcoatl, así que para no ser parciales describiremos ahora el templo de Tezcatlipoca, situado a un costado del Templo Mayor y viéndolo de manera retadora, el templo se encontraba en lo que ahora es el edificio del Arzobispado. Era un templo muy importante, su basamento, formado por cuatro cuerpos, tenían una altura de 20 metros y su escalera, delimitada por alfardas semejantes a las del Templo Mayor, tenía 80 escalones. En la parte superior del templo “había un remanso de doce a catorce pies de ancho, y junto a él un aposento ancho y largo del tamaño de una sala, la puerta ancha y baja al uso de los edificios de los indios” (Durán, 1867).

El adoratorio era semejante a alguno de los dos adoratorios del Templo Mayor; es decir, que este adoratorio era de base rectangular, sobre una plataforma de la misma forma con una pequeña escalera, la entrada estaba decorada con un sólido marco y dividía columnas interiores. La entrada y el marco se encontraban resaltados a manera de extrusión sobre el adoratorio. De la misma manera, un frotón se encontraba sobre la puerta, el cual sobresalía incluso en altura sobre el techo. El techo del adoratorio era la continuación del mismo, es decir, que toda la estructura era rectangular, con una muy ligera inclinación hacia adentro. Al igual que los demás edificios, este estaba recubierto en su totalidad por estuco, y los elementos ornamentales eran de color rojo.

La manera en que el adoratorio era decorado le otorgaba una oscura y misteriosa apariencia, cubierto siempre por un velo y adornado con braceros humeantes, al adoratorio sólo entraban los sacerdotes dispuestos al servicio del dios. El altar estaba decorado con telas “finamente labradas” y a la manera “de nuestra Sagrada Religión Cristiana”, el ídolo, era de obsidiana y estaba ricamente adornado con collares y brazaletes de oro. La fiesta del ídolo se llamaba “toxcatl” y era quizá, la más solemne de las fiestas, comenzaba con la ornamentación del dios para después exhibirlo ante el pueblo. Posteriormente salía con un hombre vestido de la misma manera que el dios y tocaba una flautilla hacia los cuatro puntos cardinales, según Durán, este era el

momento más temido por todos aquellos que habían cometido un acto ilícito, pues era el momento de rendir cuentas y pedir clemencia.

En las representaciones que del Recinto Sagrado se han realizado, siempre se encuentran templos de Tezcatlipoca, y es que en realidad había más de uno, el Templo del lado Norte pertenece a Tezcatlipoca Rojo, y el del lado Sur a Tezcatlipoca Negro, ambos edificios eran similares con sólo algunas variantes en la decoración, las cuales a decir verdad, no tenemos la certeza de que hayan sido así o sigan la lógica de quienes realizaban la representación.

Entre los templos de los Tezcatlipocas y el Templo Mayor, había un espacio de unos ochenta metros, en los cuales se edificaron los recintos de los guerreros águila en el lado norte y de los guerreros ocelote del lado sur, dichos edificios eran de un solo nivel, y tenían una peculiar forma de “L”. A la misma usanza que en la mayoría de los edificios, estos se encontraban sobre plataformas y estaban adornados en los techos con almenas. En estos edificios, los guerreros se recogían y servían a la imagen del sol. Para los tenochcas, era un honor pertenecer a unas de estas órdenes, y al momento de ir a la guerra, llevaban el escudo de pelear por el sol.

El Templo del Sol se encontraba cerca de allí debajo de lo que es ahora la Catedral, se le conocía como “Cuacuauhtzin Inchan”, que significa “La Casa de las águilas”. La pirámide estaba formada por cuatro basamentos, y era tan alta como la de Tezcatlipoca. En la parte de arriba se encontraba un gran patio y por supuesto el adoratorio, cuya entrada era de mayor tamaño que las entradas de los otros templos. En este templo se realizaban los encarnizados combates en los que se ataba por un pie a un guerrero capturado, y se le daba la oportunidad de combatir con un poderoso guerrero águila, en una batalla prácticamente perdida, pero que significaba la más gloriosa de las muertes, en combate y en honor al Sol. Si un guerrero combatía con coraje, el “propietario” del mismo se cubría de gloria ante sus semejantes.

Haciendo una breve pausa, resulta muy interesante conocer que en algunos de los sacrificios, donde se deshollaba a la víctima, constituía un honor para el sacerdote ataviarse con la piel recién obtenida a la manera del Dios “Xipe Totec”.

Como hemos mencionado antes, con la vista al Este se encontraban cuatro templos alineados, estos se llamaban, de norte a sur, “Coacalco”, que era el templo de los dioses de los pueblos derrotados en batalla, “Cihuacoatl”, “Chicomecoatl” y “Xochiquetzal”, estos edificios, que pertenecían a los dioses menores, eran muy semejantes entre si, de menor tamaño que los templos vecinos, formados por dos basamentos y con escaleras que abarcaban una tercera parte del frente y estaban delimitadas por gruesas alfardas, los adoratorios eran también a la misma usanza que los del Templo Mayor y sólo presentaban ligeras variantes en la decoración, al igual que todos los edificios, estaban totalmente recubiertos de estuco, con adornos en colores azul y rojo y con almenas adornando los techos, pero estas almenas eran distintas, tenían más bien la forma de escalones.

Estos templos se dividían en grupos de dos, cada cual se levantaban sobre una plataforma rectangular de unos dos metros de altura, a las que se accedía por una decena de escaleras colocadas por cuatro lados.

El templo conocido como “Coacalco” tenía una entrada tan ancha como las escaleras, con una fila de cuatro columnas, el color que la ornamentaba era el rojo. Este templo estaba dedicado a los dioses pertenecientes a las tribus que eran derrotadas en batalla, es decir, eran los dioses cautivos.

El siguiente templo era el de “Cihuacoatl” deidad femenina también conocida como “Quilaztli”, compartía el templo con numerosos dioses menores, todos ellos relacionados con la tierra, el adoratorio tenía la entrada amplia con dos columnas, los colores de ornamento eran en este caso el rojo y el azul, el rojo rodeando una tercera

parte de abajo hacia arriba del cuerpo era del adoratorio, y en azul estaban las almenas.

“Chicomecoatl” era el nombre del siguiente templo, esta deidad conocida también como Chalchiuhcihuatl estaba relacionada con la agricultura, elemento primordial dentro de la cultura mexicana, su templo era prácticamente igual al de “Cihuacoatl”.

Finalmente estaba el templo de Xochiquetzal, con los colores rojos en su ornamento y una puerta mucho más pequeña que la de los otros templos. Esta deidad se relaciona con las flores, sus festividades eran por lo mismo las más coloridas. Los mexicanos disfrutaban mucho el aroma de las flores.

El Calmecac cubría la esquina suroeste del Recinto, era un edificio muy importante porque allí se preparaba a los futuros sacerdotes en sus labores, para no variar, se alzaba sobre una plataforma, y se accedía por las pequeñas escaleras.

Era un edificio de un solo nivel, contenía cinco patios, cuatro colocados hacia los vértices y del mismo tamaño y el otro colocado al centro, este mucho más grande, el cual tenía al centro una pequeña pirámide. Las paredes del edificio estaban decoradas con colores verde, amarillo y rojo a manera de franjas que rodeaban todo el lugar, una serie de serpientes recorrían los muros y se centraban sobre la franja amarilla.

Finalmente tenemos, en la esquina suroeste el “Tozpalatl” un ojo de agua que suministraba del vital líquido al Recinto.

### **6.1 Objetivo General**

Contribuir al desarrollo, conservación y principalmente difusión del patrimonio cultural en México, mediante el uso de las Tecnologías de la Información (TI) tales como la realidad virtual y los hipermedios.

### **6.2 Objetivos Específicos**

- Posicionar una nueva alternativa tecnológica en lo que a visitas virtuales se refiere.
- Mejorar el posicionamiento de la imagen pública del museo.
- Lograr una mayor y mejor retención del aprendizaje en los visitantes.
- Motivar la visita de primera vez y subsecuentes en los usuarios.
- Conocer un entorno que por su ubicación y situación geográfica es imposible de visitar.
- Lograr un mejor y mayor estímulo de entretenimiento audiovisual en el usuario por medio de la inmersión en entornos tridimensionales virtuales.

### **6.3 Hipótesis**

El desarrollar un Paseo Virtual en línea para el museo de sitio del Recinto Sagrado de México-Tenochtitlan (Museo del Templo Mayor) utilizando tecnología de Realidad Virtual, apoyará el desarrollo, conservación y difusión del patrimonio cultural digital en México.

Una vez realizada la investigación e interpretados los datos de manera cualitativa, podemos basar la propuesta de diseño en las siguientes consideraciones:

El diseño de las página debe ser muy intuitivo y mejorar con nuevas técnicas de diseño gráfico que incorporen recursos de hipermedia en línea, con inclusión de archivos multimedia e infografías que hagan más atractivo el entorno. Incluso sería deseable la incorporación de una sala de *chat* y/o foros que posibilitaran la cooperación y el intercambio de experiencias de los visitantes virtuales.

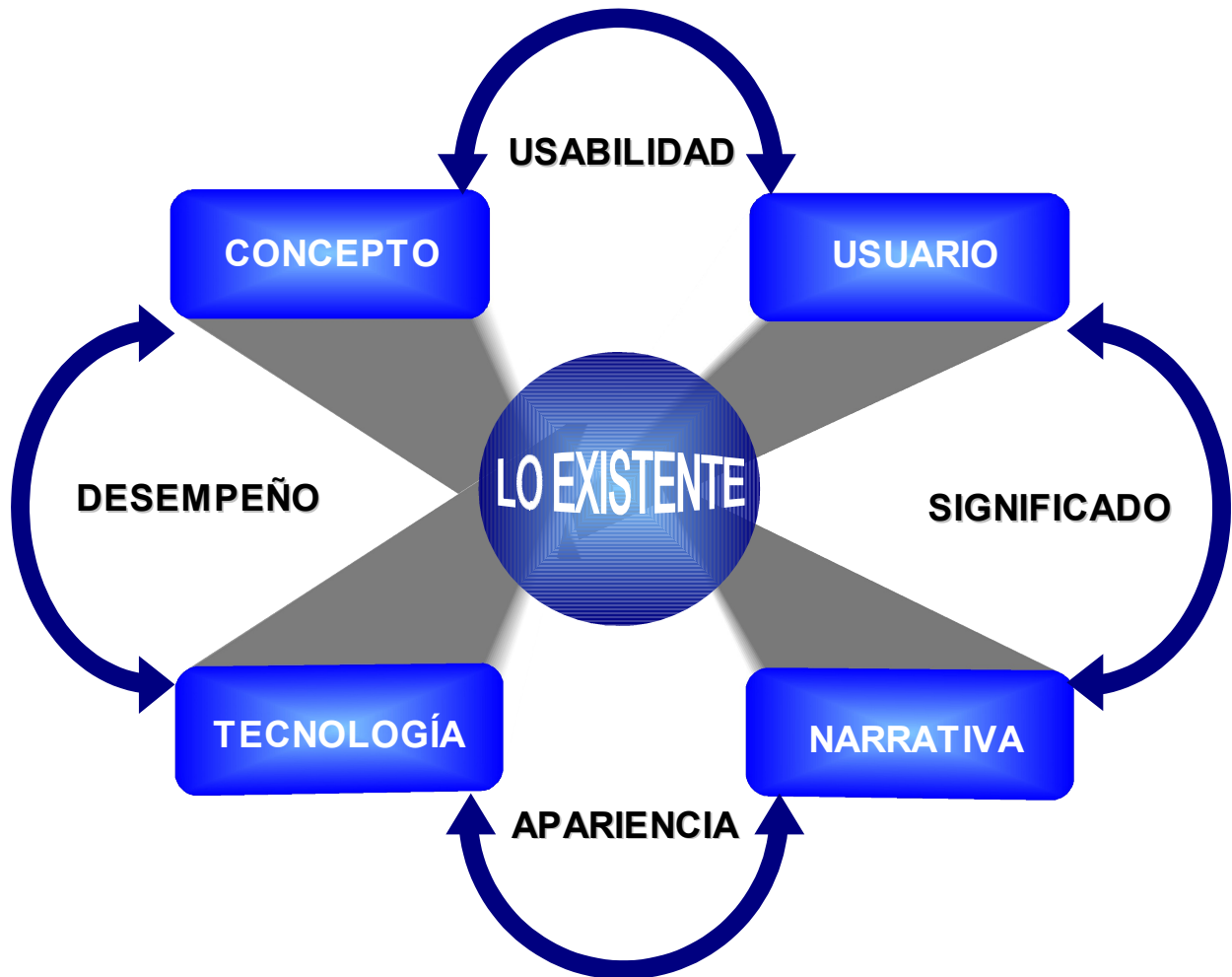
Para la visita especializada (*narrowcasting*), deben existir enlaces que hagan referencia a la investigación que se realiza y las publicaciones relacionadas que existen.

Hay que potenciar la creación de aplicaciones de realidad virtual o, al menos, recorridos virtuales por los entornos naturales; por ejemplo, donde la visita presencial pueda dañarlo físicamente, o en los museos de sitios arqueológicos donde las propias condiciones físicas del lugar hagan imposible el conocer y visitar el entorno como originalmente se encontraba, puesto que esto ayudaría enormemente en la comprensión de los datos que el propio lugar nos ofrece. En cualquiera de los casos, estas aplicaciones deben mostrar sólo una parte del contenido, y no su totalidad para que al usuario también le sea útil y atractiva la visita presencial.

Se debe atender a la creación de una gran base de datos en línea que complemente la visita presencial ofreciendo información detallada, técnica y gráfica de cada registro. Se debe proporcionar el acceso en diferentes idiomas además de definir correctamente las etiquetas de los menús, para que se puedan realizar las acciones predecibles sin confundir al usuario, e insertar *links* externos para hacer más accesible la transición y búsqueda entre distintos sitios *web*.



## 7.1 Metodología de Diseño



*Sánchez de Antuñano, 2008*

Esta metodología, desarrollada por el doctor Jorge Sánchez de Antuñano y presentada en el Seminario de Diseño III, posee elementos ideales para su aplicación en el presente proyecto, tales como partir de la observación minuciosa de lo ya existente para poder encontrar sus límites y así lograr proyectos de diseño propositivos, pero sobretodo usables y aplicables en el entorno particular del usuario, logrando así la modificación de dicho entorno con el fin de potencializar las acciones del también dicho usuario.

## 7.2 Evaluación

Con el fin de validar la propuesta de diseño obtenida, se realizó una investigación de mercado cualitativa considerando 2 sesiones de grupo con usuarios de 12 a 16 años por ser estos el *target* principal al que va dirigido el sitio de Internet propuesto. La muestra consistió en 8 mujeres y 8 hombres y el estudio fue realizado con el apoyo del Instituto de Investigaciones Sociales, A.C.

A continuación se presenta la guía de tópicos utilizada para las sesiones de grupo:

### *I. Presentación*

- Explicación de la dinámica de las sesiones
- Presentación de los participantes

### *II. Técnica de experiencia on-line*

INSTRUCCIONES: Cada uno de ustedes tiene un computadora enfrente, ahora vamos a entrar a una página de internet, los voy a dejar solos unos minutos para que la exploren, y al regresar me dan sus impresiones.

- ¿Qué les pareció?
- ¿De qué era la página? ¿Qué lugar es?
- ¿Qué contenía?
- ¿Qué cosas llamaron su atención?
- ¿Qué fue lo más les gusto de la página?
- ¿Lo que menos les gusto?
- ¿Qué les dice la página? ¿De qué les habla?
- ¿Qué enseña la página? ¿Qué opinan de la forma en como muestra la información?
- ¿Logra enseñar algo?
- ¿Esta página les atrae? ¿Por qué sí? ¿Por qué no?
- ¿Qué elementos son los que les atraen?
- Describanme por favor, ¿Cómo fue su visita? ¿Cómo se sintieron?
- ¿Que áreas visitaron?
- ¿Cuál fue la secuencia? ¿Por qué esa secuencia?
- ¿Cómo describirían su experiencia con la página? ¿Qué tan fácil o difícil les fue navegar por la página?

### *Diseño*

- ¿Qué opinan de las formas?
- ¿Qué opinan de los colores? ¿Con qué los asocian?
- Si alguien viste con esos colores, ¿Qué les hace pensar de esa persona?
- ¿Que opinan de las formas?
- ¿A quién esta dirigido este diseño?
- ¿Qué cosas les gustan del diseño? ¿Por qué?

- ¿Qué cosas no les gustan? ¿Por qué?
- ¿Qué opinan de la distribución de la página?
- Esta distribución y orden ¿Qué les dice del museo?
- ¿Si esta página fuera una persona, como sería? Personalidad / actitud / estilo de vida / edad / actividad / hobbies
- ¿Cómo se llevarían ustedes con esta personalidad? ¿Se identifican? ¿Qué tanto quisieran ser como esa personalidad? ¿Qué anhelan de esa personalidad?
- Si esta página fuera un famoso, ¿Qué famoso (a) sería? ¿Por qué? ¿Qué características tiene para asociarla con la página?
- ¿Cómo se llevarían ustedes con este (a) famoso? ¿Se identifican? ¿Qué anhelan de ese (a) famoso?
- Si tuviéramos que ubicar esta página en una época del tiempo ¿cuál sería? ¿Por qué? ¿Qué características tiene esa época para relacionarse con la página?
- ¿Cómo se sentirían? ¿Que sería lo mejor de estar en esa época?
- En cuanto a diseño ¿Cuál es la ventaja que tiene esta página? ¿Tiene alguna desventaja?
- ¿Qué le cambiarían? ¿Cómo lo harían?

#### *Áreas / Secciones*

- ¿Qué secciones identifican?
- ¿Qué tan relevante es esa área / sección para ustedes? ¿por qué?
- ¿Qué provoca en ustedes cada una de las secciones? ¿a que los invita?
- ¿En que los beneficia?
- ¿Qué tan útil les resulta?
- ¿Qué opinan de la información?
- ¿Qué tan relevante es para ustedes?
- ¿Qué información es atractiva? ¿Qué la hace atractiva?
- ¿Qué información no es atractiva? ¿Por qué?
- Si ustedes fueran los editores de la sección ¿Qué información pondrían? ¿Qué cosas serían importantes para las chavas de su edad? ¿Qué novedades habría?
- ¿Qué tan fácil es navegar en esta sección?
- ¿Qué opinan del acomodo de información dentro de la sección?
- ¿Qué opinan del diseño de la sección?

#### *Imágenes / Gráficos*

- ¿Qué opinan de las imágenes?
- ¿Qué proyectan?
- Si tuviéramos que describir el estilo del tipo de gráficos que tiene la página ¿Cómo las describiríamos? ¿Qué características tiene este estilo?
- ¿Cómo es quien realizó las imágenes? (estilo, edad, profesionalismo, calidad)
- A partir de las imágenes ¿como dirían que es el museo del Templo Mayor?
- Si estas imágenes salieran publicadas en alguna revista ¿en que revista saldrían? ¿Por qué?
- ¿Hay relación entre la imagen y la información? ¿Por qué?
- ¿El ver las imágenes, que provoca en ustedes? (atractivo / indiferencia)
- ¿Le cambiarían algo a las imágenes? ¿Qué? ¿Por qué?
- ¿Harían algo para mejorar la calidad de las imágenes? ¿Qué harían?

### *Música*

- ¿Qué opinan de la música?
- ¿Qué emoción provocó en ustedes?
- Ahora, vamos a cerrar los ojos, y quiero que imaginen a partir de la música: ¿Cómo es el ambiente? ¿Qué actividades hay? ¿Quién está? ¿Qué cosas están presentes? ¿Qué lugar se imaginan?
- ¿A quien está dirigido este tipo de música?
- ¿Ustedes se identifican con esta música?

### *Imagen del Museo*

- Pensando en todos los elementos ¿con qué imagen se quedan del Museo del Templo Mayor?
- ¿Se acercan o se alejan del museo?
- ¿A quien le esta hablando el Museo?
- ¿Qué les provoca ver esta página?
- Esta página, ¿los invita a visitar el museo? ¿si? ¿no? ¿Por qué?
- ¿Qué fue lo que los motivó para visitar el museo? ¿hay algo que los desmotive?
- Si fueran diseñadores de esta página, ¿Qué ajustes le harían para mejorarla?

### *III. Agradecimiento y Despedida*

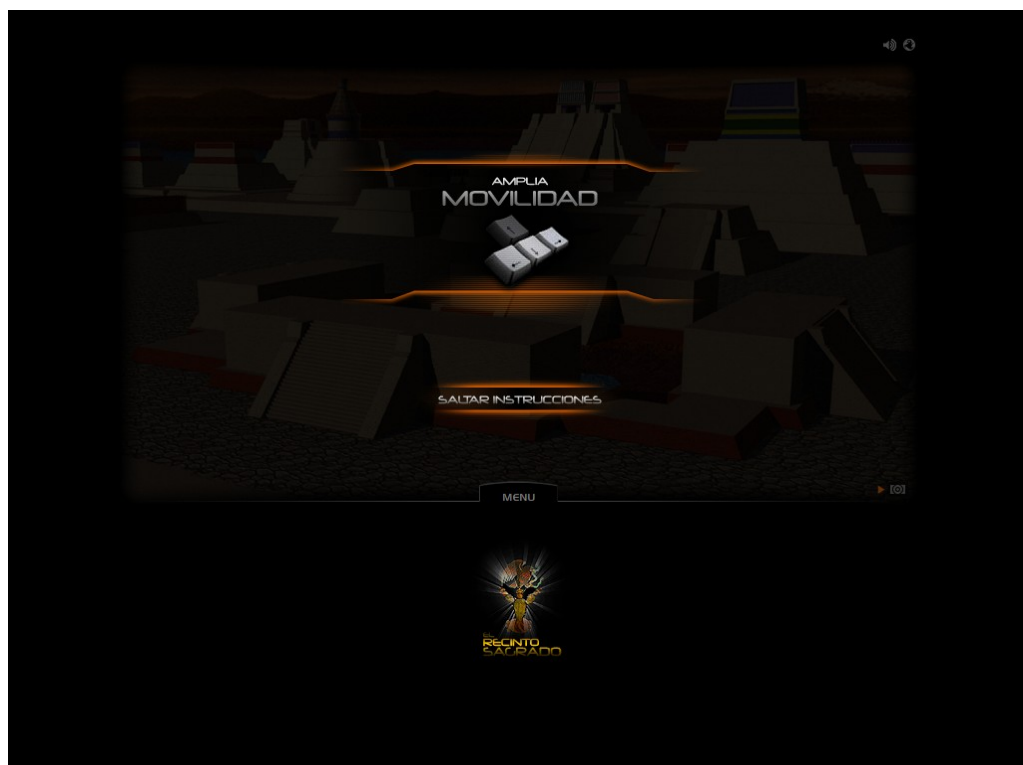
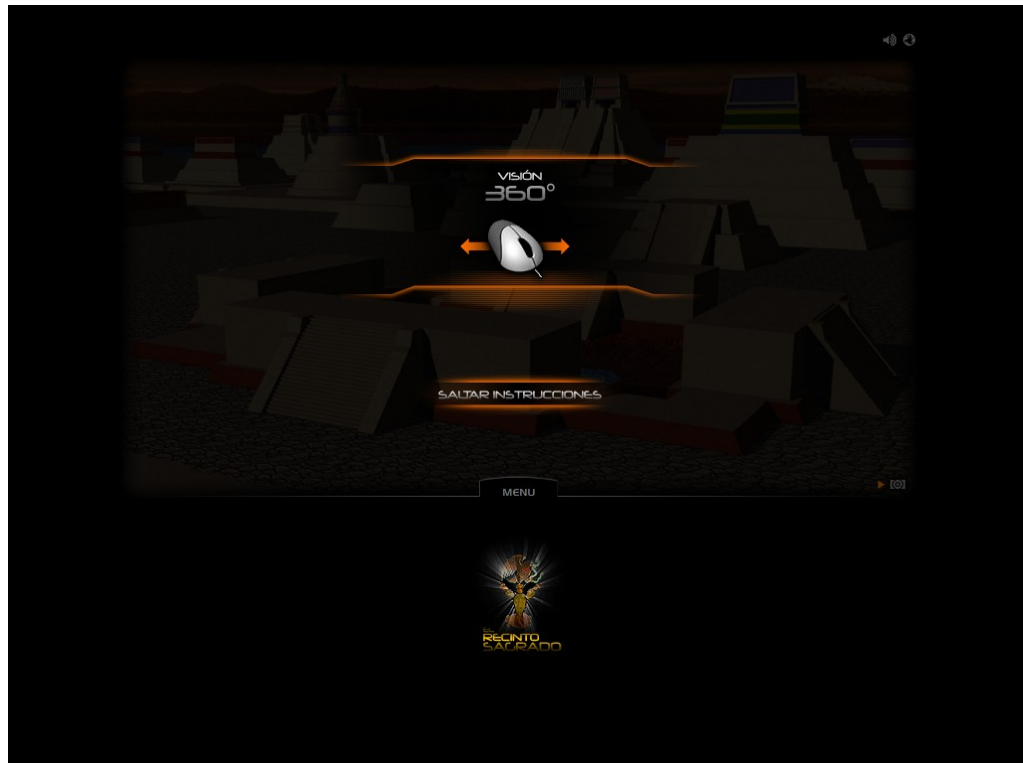
Con los resultados obtenidos, se mejoró la propuesta inicial para lograr una mejor comunicación con los usuarios, hasta llegar a la propuesta final. Cabe destacar que, además de la información que se buscaba, el estudio arrojó datos importantes que vale la pena señalar:

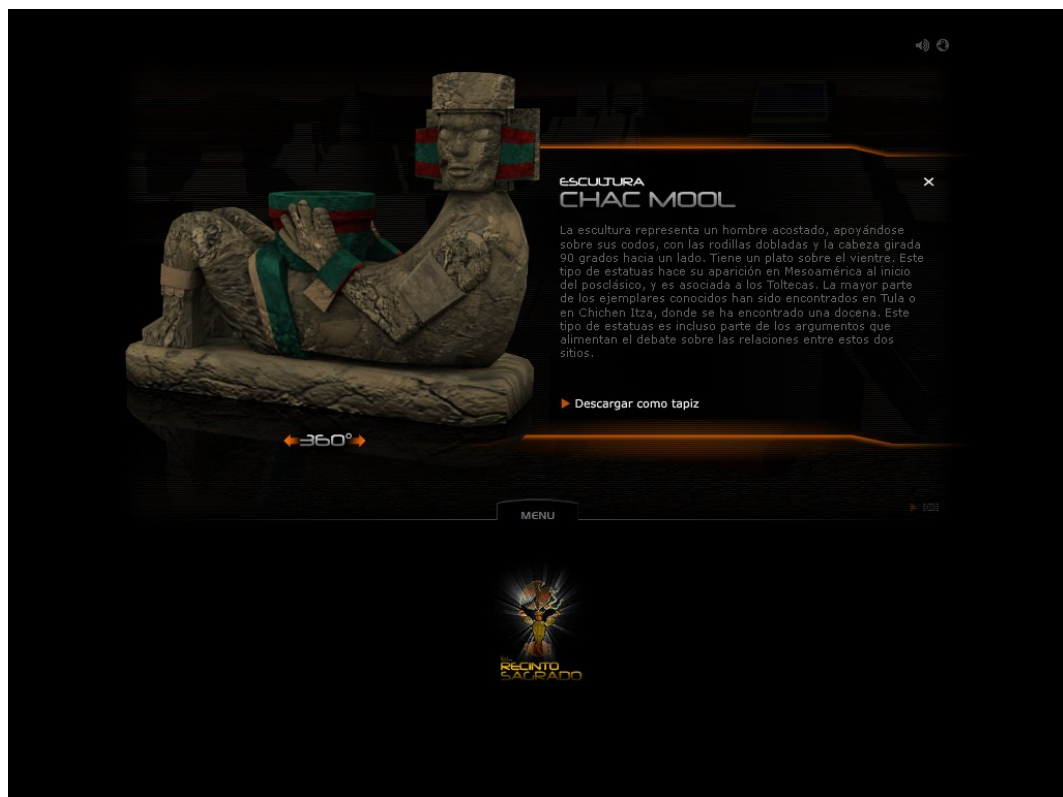
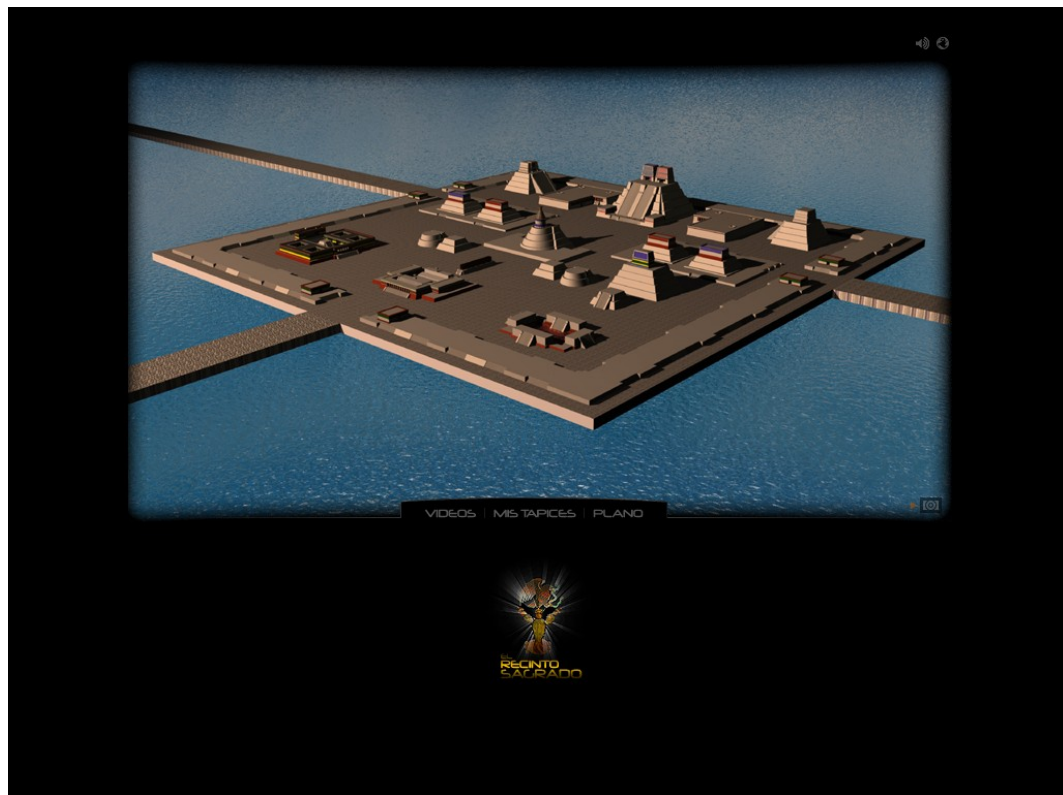
- El internet ha venido a alterar su forma de vida puesto que hoy en día utilizan la red en diferentes actividades de su vida cotidiana. Es un medio que ha adquirido valor por el significado funcional y emocional que adquiere *anywhere, anytime* y *anyplace*.
- La neoconectividad redefine el significado de la pertenencia social y cultural y los modos de relacionarse de las personas. Se ha convertido en una nueva forma de interacción social (principal medio de relación). La desaparición de la necesidad de una presencia física en el tiempo, y muchas veces, en un lugar concreto, ha abierto un nuevo abanico de posibilidades de relaciones sociales hasta ahora

desconocidas. Internet se está convirtiendo en algo más que una tecnología, es un medio de comunicación, de interacción y organización social.

- Existe la sensación de que si no están conectados se están perdiendo de algo y de que se van a quedar afuera; es una manera de estar al tanto del mundo y mantener contacto con él. Se sienten aislados sin Internet.
- También se ha vuelto un medio de diversión y entretenimiento cotidiano y accesible a cualquier hora y desde cualquier lugar.
- Mantenerse actualizado en las nuevas formas de comunicación: Hoy en día no hay necesidad de dialogo, ya que el valor esta en lo que ven con el lenguaje iconográfico, es decir, se pueden transmitir emociones a través de imágenes o símbolos.

### 7.3 Diseños Finales





## CONCLUSIONES, RESULTADOS Y PROPUESTAS

1. Es necesario generar una base de datos con las páginas de todos los museos del país ya que actualmente, no existe ninguna iniciativa que tenga este tipo de propuesta.
2. El no contar con un sitio en Internet significa prácticamente no existir, por ello es primordial que todos y cada uno de los museos en México cuenten con un desarrollo de este tipo.
3. Existe deficiencia de información en casi el 61% de las páginas analizadas, pues los museos se exponen como folletos electrónicos, meramente informativos, careciendo de la información que pudiera complementar la visita presencial.
4. Existe también, en muchos casos, ausencia de infografías (como animaciones por computadora) y de archivos multimedia (audio y video).
5. No existen museos con reconstrucciones virtuales del entorno o aplicaciones de realidad virtual, que serían ideales sobre todo en los sitios de Internet de museos arqueológicos y de ciencia y tecnología.
6. No existen museos con grandes bases de datos en línea, que posean gran cantidad de información e imágenes de alta calidad de los registros.
7. En su mayoría, el diseño de los sitios de Internet no están mejorados con detalles como el contador de visitas, estadísticas, información del *webmaster* o la resolución óptima de la pantalla.



A la vista de estas carencias, se proponen mejoras como:

1. El diseño de las páginas de Internet debe ser más intuitivo y mejorar con nuevas técnicas de diseño gráfico que incorporen recursos de hipermedia en línea, con inclusión de archivos multimedia e infografías que hagan más atractivo el entorno. Incluso sería deseable la incorporación de una sala de *chat* y/o foros que posibilitaran la cooperación y el intercambio de experiencias de los visitantes virtuales.
2. Para la visita especializada (*narrowcasting*), deben existir enlaces que hagan referencia a la investigación que se realiza y las publicaciones relacionadas que existen.
3. Hay que potenciar la creación de aplicaciones de realidad virtual o, al menos, recorridos virtuales por los entornos naturales; por ejemplo, donde la visita presencial pueda dañarlo físicamente, o en los museos de sitios arqueológicos donde las propias condiciones físicas del lugar hagan imposible el conocer y visitar el entorno como originalmente se encontraba, puesto que esto ayudaría enormemente en la comprensión de los datos que el propio lugar nos ofrece. En cualquiera de los casos, estas aplicaciones deben mostrar sólo una parte del contenido, y no su totalidad para que al usuario también le sea útil y atractiva la visita presencial.
4. Se debe atender a la creación de una gran base de datos en línea para cada museo que complemente la visita presencial ofreciendo información detallada, técnica y gráfica de cada registro.
5. Es muy recomendable la creación de un DER (Distributed Electronic Resource) para favorecer el intercambio de experiencias entre museos de la misma temática, lo que facilitará la investigación y la colaboración de los expertos.

6. Una experiencia muy novedosa y enriquecedora, sería la creación de un Cybermuseo Interactivo, descrito anteriormente, donde los autores fueran creando libremente a partir de sus obras el contenido de dicho cybermuseo; es decir, sería un museo inmaterial, donde además cada autor podría editar sus obras, siendo constantemente modificado convirtiéndose así en un museo 'vivo' y todo desarrollado en Internet.

La propuesta planteada en este proyecto intenta cumplir con algunos de estos puntos, aunque como ya se ha comentado, ejemplos de páginas de Internet ideales se pueden ver en el Museo de Ciencias Naturales de Londres, el Exploratorium de San Francisco o el Louvre educativo. De los museos nacionales analizados merece la pena destacar dos ejemplos que conjugan una parte importante de estos objetivos: el Museo del Desierto en Coahuila ([www.museodeldesierto.org/](http://www.museodeldesierto.org/)) y el centro de la Imagen en el Distrito Federal (<http://centrodelaimagen.conaculta.gob.mx/>).

**Addison, A.** (2002). *Virtual Heritage, Technology in Service of Culture*. Creta: IEEE Press, Computer Graphics International Conference CGI-2004.

**Addison, A.** (2000). *Emerging trends in virtual heritage*. En IEEE Multimedia, Siggraph'99.

**Addison, A., Gaiani, M.** (2000). *Virtualized Architectural Heritage: New tools and techniques*. IEEE Multimedia 7.

**Andreetto, M., Brusco, N., Cortelazzo, G.** (2004). *Automatic 3D Modeling of Textures Cultural Heritage Objects*. IEEE Trans. Image Processing 13.

**Angus, J.** (2000). *Building a web site*. Museum Int. 52.

**Arizpe, L.** (2004). *Intangible Cultural Heritage: Diversity and Coherence*. Museum Int. 56.

**Aukstalkanis, S. y Blatner, D.** (1993) : *El espejismo de silicio. Arte y ciencia de la realidad virtual*, Página Uno Edit., Barcelona, 282 págs. (Tít.orig.: *Silicon Mirage. The art of Science of Virtual Reality*, Peachpit Press, Berkeley, 1992).

**Barbieri, T., Paolini, P.** (1999). *Corporate visits for Museum www sites a year later: Evaluating the effect*. En *Proc. Museums and the Web. Archives & Museum Informatics*. Pittsburgh, EEUU.

**Beacham, R., Denard, H.** (2003). The Pompey project: Digital research and virtual reconstruction of Rome's first theatre. *Computers and Humanities* 37.

**Berndt, E., Texeira, J.** (2000). *Cultural heritage in the mature era of computer graphics*. *IEEE Comput. Graph. Applic.* 20

**Bricken, W.** (1990). *Learning in Virtual Reality*. Seattle, WA: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, [En línea]  
<http://www.hitl.washington.edu/publications/m-90-5/>

**Barceló, Forte, Sanders.** *Virtual Reality in Archaeology*. [En línea]  
[http://www.learningsites.com/Support\\_pages/BFS\\_VRinA\\_intro.html](http://www.learningsites.com/Support_pages/BFS_VRinA_intro.html)

**Barceló, J.A.** *Virtual Reality And Scientific Visualization. Working With Models And Hypotheses*. [En línea]  
<http://www.worldscinet.com/journals/ijmpc/12/1204/S0129183101002243.html>

- Biocca, F. y Levy, M.** (1995). "Virtual reality as a Communication System" en Biocca, F. y Levy, M. (ed.), *Communication in the age of Virtual Reality*. Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, N.J.
- Bowen, J.** (1999). *Promoting a Museum website on the Net*. En *Proc. Museums and the Web*. Archives & Museum Informatics. Pittsburgh, EEUU.
- Breton, P.** (1989): *Historia y crítica de la informática*. Ediciones Cátedra, Madrid, 250 págs. (Tít.orig.: *Histoire de la informatique*. La Découverte, París, 1987, 239 págs).
- Brooks, F.P.** (1999). *What's real about virtual reality? IEEE Computer Graphics and Applications* [En línea]. Num. 19  
<http://www.cs.unc.edu/~brooks/WhatsReal.pdf>
- Bricken, W.** (1990). *Virtual Reality: Directions of Growth*. Seattle WA: Notas de SIGGRAPH [En línea] <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-90-1/>
- Bryce, J., Rutter, J.** (2001). *Presence in Public Computer Gaming. Computer Games & Digital Textualities*. Universidad de Copenhague [En línea]  
<http://www.digiplay.org.uk/Game.php>
- Burdea, G. y Coiffet, P.** (1996). *Tecnologías de la realidad virtual*. Paidós, Barcelona, 429 págs. (Tít.orig.: *La réalité virtuelle*. Hermès. París, 1993, 402 págs.).
- Cadoz, C.** (1994). "Le geste, canal de communication homme/machine. La communication instrumentale" en *Technique et science informatique*, vol nº13, nº1, París.
- Cadoz, C.** (1995): *Las realidades virtuales*. Debate, Madrid, 121 págs. (Tít.orig.: *Les réalités virtuelles*. Flammarion, París, 1994, 125 págs.).
- Carreras, C., Munilla, G., Solanilla, L.** (2003). *Museos on-line nuevas prácticas en el mundo de la cultura*. PH. Bol. Inst. Andaluz Patrimonio Histórico.
- Chaves Costantin, A.** (2001). *Museus interativos de ciências: espaços complementares de educação*. Interciencia 26.
- Cleary, Y.** (1999). *The Impact of Subjective Cultural Issues on the Usability of a Localized Web Site: the Louvre Museum Web Site*. En *Proc. Museums and the Web*. Archives & Museum Informatics. Pittsburgh, EEUU.
- Coiffet, P.** (1995). *Mondes Imaginaires. Les Arcanes de la réalité virtuelle*. Hermes, París, 127 págs.

**Colorado, A.** (2003). *Nuevos lenguajes para la difusión del patrimonio cultural*. PH. Bol. Inst. Andaluz Patrimonio Histórico 46.

**Durán, Fray Diego.** (1867). *Historia de las Indias de la Nueva España*. España

**Espona, M.** (2004). *El museo virtual. Concepto y posibilidades. Experiencias del CyberMuseo Interactivo: la creación de una colección*. Tesis. Universidad Politécnica de Valencia. España. 450 pp.

**Estallo, J. A.** (1995). *Los vídeo juegos. Juicios y prejuicios*. Planeta. Barcelo, España.

**Flichy, P.** (1995). *L'innovation technique, Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation*. La Découverte, París, 207 págs.

**Gros, B., Aguayos, J., Almazón, L.** (1998). *Jugando con Videojuegos: educación y entretenimiento*. Desclee De Brouwer. Bilbao, España.

**Karabin, A.** (2000). *Investigating Art Museum web sites: A three-part approach*. En *Proc. Museums and the Web*. Archives & Museum Informatics. Pittsburgh, EEUU.

**Karp, G.** (2004). *Digital Heritage in Digital Museums (Defining the Intangible Cultural Heritage)*. Museum Int. 56.

**Larijani C.** (1994). *Realidad Virtual*. McGraw Hill, Madrid, 268 págs.). (Tít.orig.: *The Virtual Reality Primer*. McGraw-Hill, Nueva York., 1993)

**Liew, C.** (2005). *Online Cultural Heritage Exhibitions: a Survey of Information Retrieval Features*. Proc. Program-Electronic Library Inf. Syst. 9.

**Lopes, M.** (2000). *Cooperação científica na América latina no final do século XIX: Os intercâmbios dos museus de ciências naturais*. Interciencia 25.

**Marquina, Ignacio.** (1981). *El templo Mayor de México*. INAH. México.

Negroponte, N. (1995). *El Mundo Digital*. (Trad. Marisa Abdala). Ediciones B. Barcelona, España. 284 pp.

**Pieraccini, M., Guido, G., Atzeni, C.** (2001). *3D digitizing of cultural heritage*. J. Cultural Heritage 2.

**Pimentel, K. y Texeira, K.** (1992). *Virtual Reality. Through the New Looking Glass*. Intel/McGraw-Hill, New York.; 2ª Edic. 1995, 438 págs.

**Quéau, P.** (1995). *Lo virtual, virtudes y vértigos*. Paidós, Barcelona, 207 págs. (Tít.orig.: *Le Virtuel, vertus et vertiges*. Champ Vallon/Ina, París, 1993, 215 págs.)

**Rojas-Sola, J., López-Campos, D.** (2001). *Visita virtual al Museo Andaluz del Aceite en la Hacienda "La Laguna"*. Proc. 13th Int. Conf. Eng. Graphics (CDROM). Universidad de Extremadura. Badajoz, España.

**Ruiz-Rodarte, R.** (2005). *Museografía Virtual para un Museo Arqueológico de Sitio*. Tesis para optar al grado de Doctora en Diseño. México DF. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

**Ruiz-Rodarte, R.** (2000). *Diseño de Material Didáctico mediante Objetos Virtuales*. Tesis para optar al grado de Maestra en Diseño. México DF: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

**Spence, R.** (2001). *Information Visualization*. ACM Press. Barcelona, España.

**Taylor, J., Beraldin, J., Godin, G., Cournoyer, L., Baribeau, R., Blais, F, Rioux, M., Domey, J.** (2003). *NRC 3D imaging technology for museum and heritage applications*. J. Vision Comp. Anim. 14.

**Teather, L., Willhem, K.** (1999). *"Web Musing": evaluating museums on the Web from learning theory to museology*. En Proc. Museums and the Web. Archives & Museum Informatics. Pittsburgh, EEUU.

**Tsirliganis, N., Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Papadopoulou, D., Tsompanopoulos, A., Stavroglou, K., Loukou, Z., Chamzas, C.** (2004). *Archiving Cultural Objects in the 21st Century*. J. Cultural Heritage 5.

**Veltman, K.** (2002). *Challenges of virtual and digital culture*. Conf. Employment and Cultural Heritage, Economic Development and New Technologies in the Information and Knowledge Society. (CDROM). Universidad Complutense. Madrid, España.

**Veltman, K.** (2003). *Desafíos de la aplicación de las TIC al patrimonio cultural*. PH. Bol. Inst.Andaluz Patrimonio Histórico 46.

**Vilbrandt, C., Pasko, G., Pasko, A., Fayolle, P., Vilbrandt, T., Goodwin, J., Goodwin, J., Kunii, T.** (2004). *Cultural Heritage Preservation Using Constructive Shape Modeling*. Comp. Graph. Forum 23.

**Wilson, J., D'Cruz, M., Cobb, S. y Eastgate, R.** (1996). *Virtual Reality for Industrial Applications. Opportunities and Limitations*. Nottingham University Press, Nottingham, 166 págs.

**Yoshida, K.** (2004). *The Museum and the Intangible Cultural Heritage*. Museum Int. 56.

**Zara, J.** (2004). *Virtual Reality and Cultural Heritage on the Web*. Proc. 7th Int. Conf. Computer Graphics and Artificial Intelligence. University of Limoges. Francia.